

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет

Кафедра наукових, аналітичних та екологічних приладів і систем

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

_____ Защепкіна Н.М.

«___» _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

**на тему: «Інформаційно-вимірювальна система температури
нагрітих металів»**

Виконав :

студент VI курсу, групи

Миненко Олександр Віталійович _____

Керівник:

к.т.н., доц,

Маркіна О.М. _____

Консультант з назва розділу:

к.е.н., доц.,

Бояринова К.О. _____

Рецензент:

к.т.н., доц.

Павловський О.М. _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.
Студент _____

Київ – 2018 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Приладобудівний факультет
Кафедра наукових, аналітичних та екологічних приладів і систем

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

Спеціалізація – Інформаційно-вимірювальні технології екологічного моніторингу

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Защепкіна Н.М.

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Миненко Олександру Віталійовичу

1. Тема дисертації «Інформаційно -вимірювальна система температури нагрітих металів»,

науковий керівник дисертації Маркіна Ольга Миколаївна, к.т.н., доц.

затверджені наказом по університету від «___» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження: процес формування і перетворення вимірювального сигналу в інформаційно-вимірювальній системі

4. Предмет дослідження : інформаційно-вимірювальна система температури нагрітих металів

5. Перелік завдань, які потрібно розробити

5.1 Аналітично експериментальний розділ

- . 5.1.1 Виконати аналітичний огляд приладів і систем вимірювання температури нагрітих металів. Визначити їх недоліки, переваги під час конструювання й експлуатації. Розробити порівняльну таблицю характеристик систем аналогів.

- . 5.1.2 Розробити структурну схему інформаційно-вимірювальної система температури нагрітих металів
- . 5.1.3 Виконати обґрунтування та аналітичне дослідження окремих вузлів вимірювальної системи
- . 5.1.4 Виконати огляд та вибір тестового об'єкту для проведення експериментальних досліджень в межах лабораторії кафедри НАЕПС, що відповідають метрологічним вимогам вимірювальної техніки.
- . 5.1.5 Виконати аналітичне дослідження та експериментальне підтвердження вибору камери для формування вимірювального сигналу, з тих що працюють у видимому й інфрачервоному діапазонах спектру випромінювання
- . 5.1.6 Виконати складання й налаштування інформаційно-вимірювальної системи температури нагрітих металів.
- . 5.1.7 Визначити похибки вимірювання інформаційно-вимірювальної системи й розробити методики їх усунення.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

- . 6.1 Результати порівняльного аналізу систем й приладів для вимірювання температури нагрітих металів.
- . 6.2 Структурна схема інформаційно-вимірювальної системи температури нагрітих металів
- . 6.3 Результати аналітичного дослідження складових вузлів
- . 6.4 Результати вибору тестового об'єкту для проведення експериментальних досліджень в межах лабораторії кафедри НАЕПС, що відповідають метрологічним вимогам вимірювальної техніки.
- . 6.5 Результати аналітичного дослідження та експериментального підтвердження вибору камери для формування вимірювального сигналу, з тих що працюють у видимому й інфрачервоному діапазонах спектру випромінювання
- . 6.6 Особливості складання і налаштування інформаційно-вимірювальної системи температури нагрітих металів.
- . 6.7 Результати дослідження щодо джерел похибок. Способи усунення похибок вимірювання інформаційно-вимірювальної системи.

7. Орієнтовний перелік публікацій

. 7.1 Три тези доповіді на міжнародних конференціях в Україні або за кордоном.

. 7.2 Патент України на корисну модель.

. 7.3 Співавторство у двох статтях в фахових виданнях України чи за кордоном

8. Консультанти розділів дисертації[†]

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Стартап-проект	Бояринова К.О., к.е.н.		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз сучасного стану проблеми		
2	Аналітичний огляд методів, приладів, і систем		
3	Розробка математичної моделі		
4	Розробка структурної схеми		
5	Аналітичне дослідження вузлів системи		
6	Огляд та вибір тестового об'єкту		
7	Складання і налаштування системи		
9	Виконання експериментальних досліджень		
10	Визначення похибок і обробка результатів		

Студент _____ Миненко О.В.

Науковий керівник дисертації _____ Маркіна О.М.

Реферат

У даній магістерській дисертації було проведено аналіз сучасного стану проблеми вимірювання температури нагрітих металів, розглянуті методи вимірювання температури та конкретні пристрої.

Проведено аналіз найбільш перспективного методу дистанційного вимірювання температури на основі матриці чутливих елементів.

Проведено аналітичне дослідження вузлів телевізійної інформаційно-вимірювальної системи та розроблено математичну модель залежності пірометричного сигналу від температури об'єкта вимірювання.

На основі математичної моделі розроблено стенд для випробувань, на якому проведені експериментальні дослідження пірометричного сигналу ПЗЗ-камери, а також експерименти з визначення ефективної довжини хвилі випромінювання.

Визначено основні джерела похибок при вимірюванні температури нагрітих металів за допомогою телевізійної інформаційно-вимірювальної системи.

Дана магістерська дисертація містить 32 таблиці, 24 рисунки, 21 літературне джерело і складається з 73 сторінок.

Реферат

В данной магистерской диссертации был проведен анализ современного состояния проблемы измерения температуры нагретых металлов, рассмотрены методы измерения температуры и конкретные устройства.

Проведен анализ наиболее перспективного метода дистанционного измерения температуры на основе матрицы чувствительных элементов.

Проведено аналитическое исследование узлов телевизионной информационно-измерительной системы и разработана математическая модель зависимости пирометрического сигнала от температуры объекта измерения.

На основе математической модели разработан стенд для испытаний, на котором проведены экспериментальные исследования пирометрического сигнала ПЗС-камеры, а также эксперименты по определению эффективной длины волны излучения.

Определены основные источники погрешностей при измерении температуры нагретых металлов с помощью телевизионной информационно-измерительной системы.

Данная магистерская диссертация содержит 32 таблицы, 24 рисунков, 21 литературных источников и состоит из 73 страниц.

Abstract

In this master's dissertation was conducted an analysis of the current state of the problem of measuring the temperature of heated metals, temperature measurement methods and specific devices were considered.

The analysis of the most perspective method of remote measurement of temperature on the basis of the matrix of sensitive elements is carried out.

An analytical study of the nodes of the television information measuring system was carried out and the mathematical model of the pyrometric signal dependence on the temperature of the object of measurement was developed.

On the basis of the mathematical model, a test bench was developed, on which the experimental research of the pyrometric signal of the CCD camera was conducted, as well as experiments on determining the effective wavelength of radiation.

Determined main sources of errors in measuring the temperature of heated metals with the help of the television information measuring system

This master's dissertation contains 32 tables, 24 drawings, 21 literary sources and consists of 73 pages.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, ТЕРМІНІВ І СКРОРОЧЕНЬ.....	4
ВСТУП.....	5
2 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ.....	7
2.1 Рідинні термометри.....	9
2.2 Манометричні термометри.....	9
2.3 Термоелектричні перетворювачі.....	11
2.3 Пірометри.....	12
2.4.1 Вибір діапазону довжин хвиль для приладів з ПЗЗ матрицею.....	16
2.5 Огляд сучасних засобів вимірювання температури нагрітих металів...	21
2.5.1 Відеопірометр СТvideo 1М для високотемпературних вимірювань металів[7].....	21
2.5.2 Інфрачервона камера MetisVision MV09[8].....	24
3 АНАЛІТИЧНО ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	25
3.1 Розробка структурної схеми інформаційно вимірювальної системи температури нагрітих металів.....	25
3.2 Аналітичне дослідження характеристик вузлів телевізійної системи...	26
3.3 Математична модель.....	28
3.4 Вибір тестового об'єкту.....	30

3.5 Стенд для досліджень.....	32
3.6 Виконання дослідження.....	33
3.7 Експеримент з визначення залежності пірометричного сигналу від величини струму розжарювання.....	35
3.8 Визначення ефективної довжини хвилі.....	40
4 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ НАГРІТИХ МЕТАЛІВ».....	46
4.1 Опис ідеї проекту (товару, послуги, технології).....	46
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	48
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту.....	49
4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	61
4.6 Висновки до розділу.....	65
ВИСНОВКИ.....	66
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	67

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, ТЕРМІНІВ І
СКОРОЧЕНЬ

ε	Коефіцієнт випромінювальної здатності
ВП	Вимірювальний перетворювач
КМОН	Комплементарна структура метал- оксид-напівпровідник
ПЗЗ	Пристрій з зарядовим зв'язком

ВСТУП

Постійний розвиток промисловості зумовлює необхідність створення нових конструкційних матеріалів, що мають забезпечувати необхідні експлуатаційні характеристики для постійно зростаючого кола завдань. Одним з найпоширеніших матеріалів є металеві сплави, для яких температурний режим плавки визначає фізико-хімічні, а відповідно і експлуатаційні характеристики. Контроль такого технологічного параметру, як температурний режим плавки дозволяє підвищити якість сплаву, зменшити енергозатрати і зменшити час плавки. Це робить актуальним задачу вимірювання температури нагрітих металів.

Мета і задачі дослідження. Метою даної роботи є вдосконалення телевізійної інформаційно-вимірювальної системи, шляхом вдосконалення програмного забезпечення для обробки вихідного сигналу.

Для досягнення мети потрібно вирішити наступні задачі.

- Провести огляд та аналіз наукових у галузі безконтактних методів вимірювання температури.
- Проаналізувати конструкцію типових телевізійних інформаційно-вимірювальних систем і визначити компоненти, до яких можна застосувати програмні засоби підвищення інформативності сигналу
- Визначити фактори що впливають на роботу телевізійної інформаційно-вимірювальної системи і методи які допоможуть компенсувати вплив таких факторів.

- Розробити структурну схему телевізійної інформаційно-вимірювальної системи.
- Розробити програмне забезпечення для подальшого експериментального дослідження.
- Виконати складання і налаштування інформаційно-вимірювальної системи
- Визначити похибки вимірювання інформаційно-вимірювальної системи
- Провести аналіз результатів застосування

Об'єктом дослідження є процесі формування і перетворення вимірювального сигналу в інформаційно-вимірювальній системі

Предметом дослідження є інформаційно-вимірювальна система температури нагрітих металів.

2 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ

Враховуючи важливість такого технологічного параметру як температура плавки та застигання металів і сплавів, розроблені і застосовуються різні методи вимірювання температури у металургійному виробництві, які можна віднести до двох груп: контактні і безконтактні.

Вибір технічного засобу для вимірювання температури обумовлюється вимогами щодо контролю даної ланки технологічного циклу. Якщо достатньо вимірювати температуру в одній точці, то задача може бути вирішена за допомогою термопари чи традиційного пірометра, а застосування порівняно складних і дорогих засобів з формуванням та аналізом зображень є недоцільним. Такою задачею в металургії є, наприклад, вимірювання температури струменя рідкого металу, що випускається з плавильної печі або розливається з ковша безпосередньо у форму чи у накопичувач, який використовується перед розливкою в великі форми. Дещо більшими видаються перспективи застосування телевізійних пірометрів для контролю процесу розливу заготовок, ефективність та безаварійність якого безпосередньо залежить від вирішення проблеми контролю та регулювання температури. При цьому неперервний розлив заготовок значних розмірів при високих (600С...1400С) потребує вимірювання температури в кількох зонах по периметру заготовки з розрізненням біля 20 мм, що може бути реалізоване засобами телевізійної пірометрії [22]. В прокатному виробництві контроль температури з наступним регулюванням режимів роботи валків забезпечує задану товщину листа прокату. Контроль провадиться, як правило, перед

прокаткою і здійснюється за допомогою об'єктивних пірометрів. Така задача може бути покладена на телевізійний пірометр і при цьому з'являється можливість більш детально аналізувати розподіл температури[1].

В таблиці 2.1 наведено найпоширеніші види приладів для вимірювання температури і практичні межі їх використання[2][23].

Таблиця 2.1 Прилади для вимірювання температури

Тип засобу вимірювання	Різновид засобу вимірювання	Межа тривалого застосування, °C	
		нижня	верхня
Термометри розширення	Рідинні скляні термометри	–200	600
Манометричні термометри		–200 — (–272)	1000
Термометри опору	Металічні (провідникові) термометри опору	–260	1100
	Напівпровідникові термометри опору	–272	600
Термоелектричні термометри		–200 (–270)	2200 (3000)
Пірометри	Квазімонохроматичні пірометри	700	6000 — (100 000)
Пірометри	Пірометри спектрального відношення	300	2800
	Пірометри повного випромінювання	–50	3500

2.1 Рідинні термометри

Рідинні термометри призначені для вимірювання температури рідких і газоподібних середовищ в діапазоні від -200° до $+750^{\circ}\text{C}$ в технічних установках. Даний вид термометрів застосовують виключно у контактних вимірюваннях[24].

Рідинний термометр складається з резервуара з припаяною до нього капілярною трубкою. Термометрична рідина заповнює резервуар і частину капілярної трубки, на яку нанесена температурна шкала. Рідинні термометри прості у використанні і мають достатньо високу точність вимірювання, але в той же час відрізняються малою механічною міцністю.

У таблиці 2.2 наведено термометричні рідини які застосовуються у рідинних термометрах та межі температури у яких вони працюють.

Таблиця 2.2 – термометричні рідини

Рідина	Межа вимірювання температури, $^{\circ}\text{C}$	
	Від	До
Ртуть	-35	750
Толуол	-90	200
Етиловий спирт	-80	70
Керосин	-60	300
Пентан	-200	20

2.2 Манометричні термометри

Манометричні термометри — прилади для вимірювання температури, що включають в себе чутливий елемент (термобалон) і пристрій відображення інформації, які з'єднані капілярною трубкою і заповнені робочою речовиною.

Принцип дії полягає на зміні тиску робочої речовини в замкненій системі термометра залежно від температури.

Замкнута система манометричного термометра зображена на рисунку 1. Система складається з термобалона 2, з'єднувального капіляра 1 і манометричної пружини 6. Зміна температури контрольованого середовища сприймається через термобалон і перетворюється у зміну тиску, під дією якого манометрична пружина за допомогою тяги 8, сектора зміщує стрілку 4 відносно шкали 5.

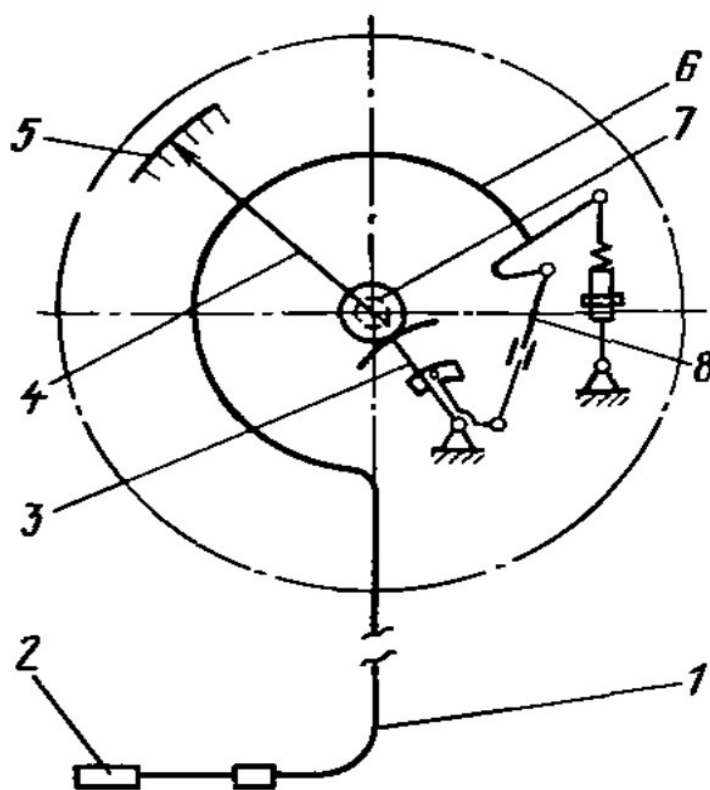


Рисунок 1 – будова манометричного термометру.

1-з'єднувальний капіляр, 2 – термобалон, 3-сектор, 4 – стрілка, 5-шкала,
6 –манометрична пружина, 7-вісь, 8- тяга

Основною перевагою застосування манометричних термометрів є їх

нечутливість до електромагнітного випромінювання, до недоліків можна віднести низьку точність вимірювання та невелику механічну стійкість

2.3 Термоелектричні перетворювачі

Термопара— чутливий елемент термоелектричного перетворювача у вигляді двох ізольованих провідників із різнорідних матеріалів, з'єднаних на одному кінці. Принцип дії перетворювача заснований на перетворенні теплової енергії у термоЕРС елемента при наявності різниці температур між вільними кінцями та гарячим спаєм термопари.

Виникнення ЕРС пояснюється тим, що при його нагрівання виникає потік електронів від гарячого спаю до холодного. На холодному спаєві створюється негативний потенціал, а на гарячому позитивний потенціал. Різниця цих потенціалів і визначає величину термо-електро-рушійної сили термоперетворювача.

Термопари з благородних металів характеризуються постійною термо-електрорушійною силою, стійкістю до агресивних середовищ і високих температур, тому часто застосовуються для вимірювання у промисловості.

Термопари з неблагородних металів застосовують при температурах менших за 1000° . Їх переваги у здатності розвивати значні ЕРС та низькій вартості.

Термопари з тугоплавких металів дозволяють вимірювати температуру від 2500° до 3000° , вони мають значну ЕРС але потребують індивідуального градування. Ще одним недоліком цього типу термопар є вимоги до робочого середовища(вакуум або хімічно-нейтральні середовища).

Основні типи термопар та їх характеристики наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 Основні типи термопар і їх характеристики[3]

Тип термопари за МЭК	Тип термопари за ДСТУ (ГОСТ)	Температурний діапазон °С (довготривало)	Температурний діапазон °С (короткотривало)
K	ТХА (хромель-алюмелеві)	0 до +1100	-180 до +1300
J	ТЖК (залізо-константанові)	0 до +700	-180 до +800
N	ТНН (ніхросил-нісильові)	0 до +1100	-270 до +1300
R	ТПП13(платинородій-платинові)	0 до +1600	-50 до +1700
S	ТПП10(платинородій-платинові)	0 до 1600	-50 до +1750
B	ТПР(платинородій-платинородієві)	+200 до +1700	0 до +1820
T	ТМКн (мідь-константанові)	-185 до +300	-250 до +400
E	ТХКн (хромель-константанові)	0 до +800	-40 до +900

2.3 Пірометри

Пірометр - прилад для безконтактного вимірювання температури об'єктів за їхнім випромінюванням в оптичному діапазоні спектра. Дія пірометрів заснована на використанні однієї з трьох властивостей випромінювання нагрітих тіл: залежності яскравості, кольору або теплового ефекту випромінювання від температури. Пірометри принцип дії яких заснований на вимірюванні яскравості або визначенні кольору об'єкта називають оптичними

пірометрами. На рисунку 2 представлена схема оптичного пірометра ОППІР17

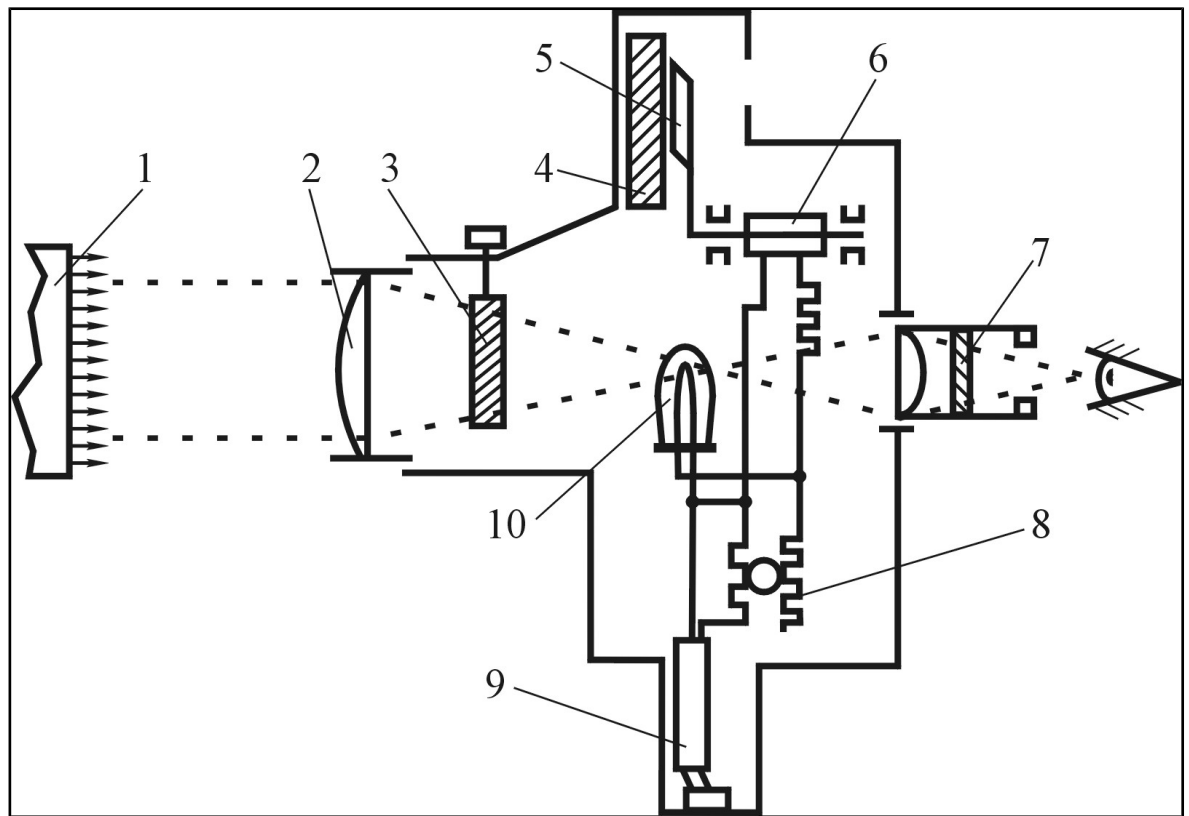


Рис.2 – Схема пірометра ОППІР-17: 1 – тіло-випромінювач; 2 – лінза; 3 – світлофільтр; 4 – шкала; 5 – покажчик; 6 – рамка; 7 – світлофільтр; 8 – реостат; 9 – акумулятор; 10 – лампа розжарювання

Дія оптичного пірометра (рис.2) заснована на порівнянні у світлі з ефективною довжиною хвилі яскравості світіння тіла 1, температуру якого визначають (випромінювача), і каліброваної нитки лампи розжарювання 10, через яку пропускається електричний струм від акумулятора 9. Нитка лампи розжарювання за допомогою оптичної системи проектується на оптичному зображенні розжареної поверхні тіла. Розжарення нитки пірометричної лампи, а отже, й її яскравість, залежить від сили струму, який протікає по нитці. При вимірюванні силу струму змінюють за допомогою реостата 8. Коли нитка стає невидимою на фоні розжареного тіла, визначають температуру тіла за шкалою

4 мілівольтметра, включеного паралельно лампі й проградуйованого безпосередньо в градусах Цельсію.

Пірометри цього типу дозволяють вимірювати температуру тіл, нагрітих вище температури початку видимого світіння, за їх спектральною монохроматичною яскравістю, тобто за яскравістю, яка спостерігається в монохроматичних променях. Виділення монохроматичної ділянки спектра випромінювання ($\lambda = 0,65$ мкм) об'єкта здійснюється за допомогою червоного світлофільтра 7.

З метою визначення дійсної температури в покази пірометра вводиться поправка на нечорноту реального тіла .

При вимірюванні температури тіла, випромінювання якого близька до абсолютно чорного тіла, при умові нормального положення пірометра в просторі (оптична вісь горизонтальна, шкала вертикальна), покази приладу відрізняються від дійсної температури не більше + 1,5% номінального значення шкали відповідної границі вимірювання.

В основу дії радіаційних пірометрів покладений принцип вимірювання температури за величиною повної енергетичної яскравості тіла, тобто його радіаційної температури.

В радіаційних пірометрах променистий потік енергії, випромінюваної розжареним тілом, концентрується лінзою об'єктива на теплоприймачі, який перетворює енергію випромінювання в електричну. Одержаний сигнал вимірюється за допомогою електровимірювального приладу. Розглянемо будову радіаційного пірометра на прикладі пірометра ТЕРА-50, схема якого зображена на рисунку 3

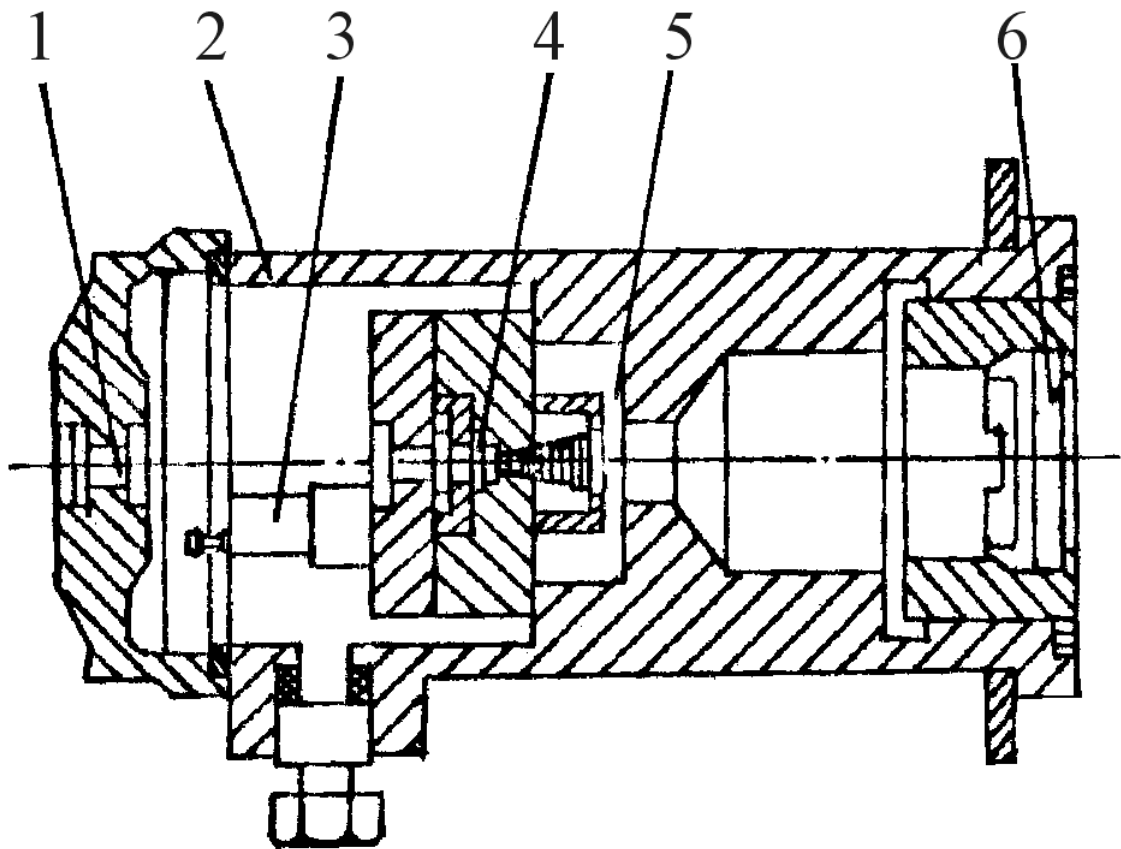


Рис. 3. – Схема телескопа ТЕРА-50: 1 – окуляр; 2 – корпус; 3 – затискачі;
4 – термобатарея; 5 – діафрагма; 6 – об'єктив

Променевий потік енергії концентрується об'єктивом 6 через діафрагму 5 на робочих спаях термобатареї 4, яка складається з десяти послідовно з'єднаних термопар „хромель-копель”. Виводи 4 термобатареї з'єднуються із

затискачами 3.

2.4 Телевізійні інформаційно вимірювальні системи на основі матриці вимірювальних перетворювачів

Застосування стандартних методів вимірювання температури нагрітих металів зазвичай дозволяє вимірювати температуру лише в одній точці. При виорбництві металів часто виникає необхідність у контролі певної ділянки поверхні або навіть усієї поверхні заготовки з високою роздільною здатністю, для такого вимірювання необхідно застосовувати пристрої з використанням матриці чутливих елементів, зазвичай це ПЗЗ або КМОП матриця що працює у інфрачервоному діапазоні.

2.4.1 Вибір діапазону довжин хвиль для приладів з ПЗЗ матрицею

Вибір інфрачервоного діапазону зумовлений декількома причинами. По-перше це те, що вимірювання температури проводяться в умовах наявності атмосферного повітря між детектором та заготовкою, що може спричиняти завади на певних довжинах хвиль. На рисунку 4 зображено залежність коефіцієнта пропускання t від довжини хвилі випромінювання λ . Як можна бачити у ближньому інфрачервоному діапазоні атмосферне повітря має високий коефіцієнт пропускання за виключенням певних незначних діапазонів близько довжини хвилі 900 нм. Область спектральної чутливості ПЗЗ матриць розповсюджується на діапазон ближнього інфрачервоного випромінювання що, як можна побачити з рисунку 4 дозволяє застосовувати пзз матриці в умовах з присутністю атмосферного повітря [4][20]

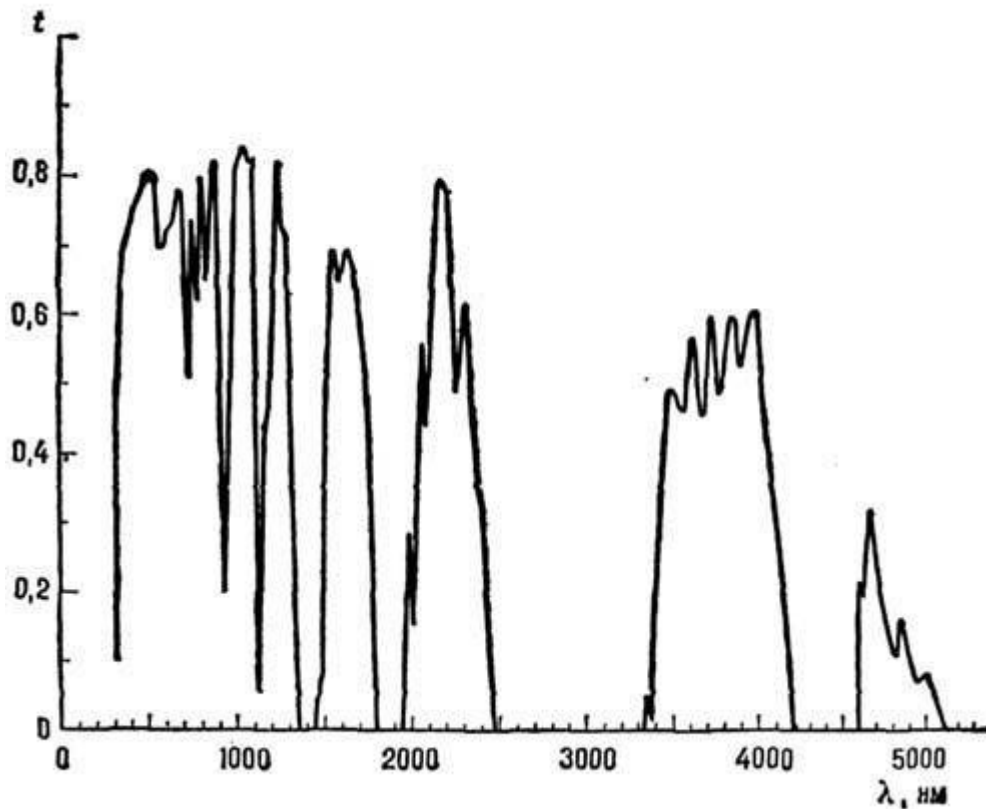


Рисунок 4 – залежність коефіцієнту пропускання атмосферного повітря t від довжини хвилі випромінювання λ [5]

По-друге використання інфрачервоного діапазону зумовлено випромінювальною здатністю металів при нагріванні. На рисунку 5 зображено залежність коефіцієнту випромінювальної здатності абсолютно чорного тіла в залежності від температури. Як можна побачити з рисунку 5, зі збільшенням температури максимум випромінювальної здатності зміщується до більш коротких довжин хвиль. Металеві поверхні при високих температурах і коротких довжинах вимірюваних хвиль (2,3 мкм, 1,6 мкм; 1,0 мкм, 0,525 мкм) мають не тільки максимальну інтенсивність випромінювання, але і

максимальний коефіцієнт випромінювання. Також, тут вони зрівнюються з коефіцієнтом випромінювання оксидів металів, так що похибки температури, викликані змінним коефіцієнтом випромінювання, зменшуються.

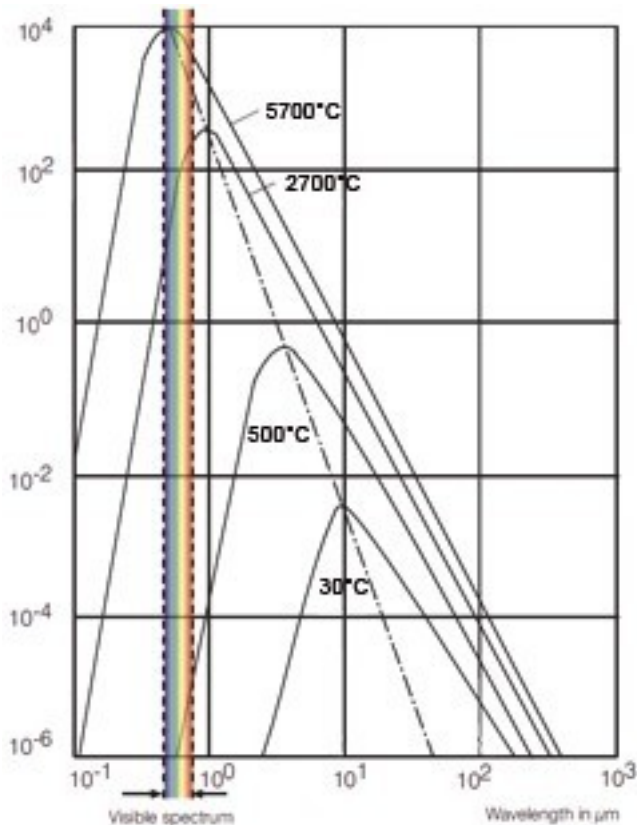


Рисунок 5 – залежність випромінювальної здатності абсолютно чорного від температури.

Отже на даний момент використання інфрачервоного діапазону є найбільш доцільним для використання при вимірюванні температури нагрітих металів зя допомогою приладів на основі пзз або кмон матриць.

2.4.2 Принцип дії ПЗЗ матриці [6]

Пристрій з зарядовим зв'язком являє собою однорядкову або двовимірну матрицю, кожен елемент якої є мініатюрним електричним конденсатором типу метал-оксид-напівпровідник (МОП) (рис.6).

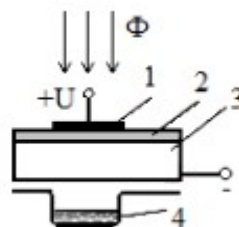


Рисунок 6 – елемент ПЗЗ електричний конденсатор типу МОН:

1 – металевий електрод; 2 – діелектрик; 3 – Напівпровідник р-типу; 4 – потенціальна яма, що сформувалася біля площини розділу між діелектриком та напівпровідником під впливом прикладеного до електрода імпульсу позитивної напруги

В основі роботи ПЗЗ лежить явище внутрішнього фотоефекту [16]. При освітленні структури світловим потоком Φ в напівпровіднику генеруються пари носіїв заряду —електрон і дірка. Під дією позитивної напруги (+U) дірки витісняються в глиб напівпровідника, а неосновні носії заряду, електрони, накопичуються в потенціальній ямі. Тут вони можуть зберігатися достатньо тривалий час, оскільки дірок в збідненій області немає і електрони не рекомбінують. Електроди виготовлені з полікристалічного кремнію, який є прозорим майже у всьому видимому діапазоні. Якщо два мініатюрних конденсатори розмістити один біля одного так, щоб їх електричні поля впливали один на одного, потенціальні ями двох конденсаторів стануть зв'язаними, а накопичений заряд потече в більш глибоку потенціальну яму. Таке перетікання зарядів складає основу принципу дії пристроїв з за-рядовим зв'язком.

На рисунку 7 показана структура одного елемента, лінійного трифазного

ПЗЗ. За-ряд, нагромаджений під одним електродом, у будь-який момент може бути перенесений під сусідній електрод, якщо його потенціал (U_2) буде збільшений, тоді як потенціал(U_1)першого електроду буде зменшений. Перенесення в три-фазному ПЗЗ можна виконати в одному з двох напрямів (ліворуч або праворуч).

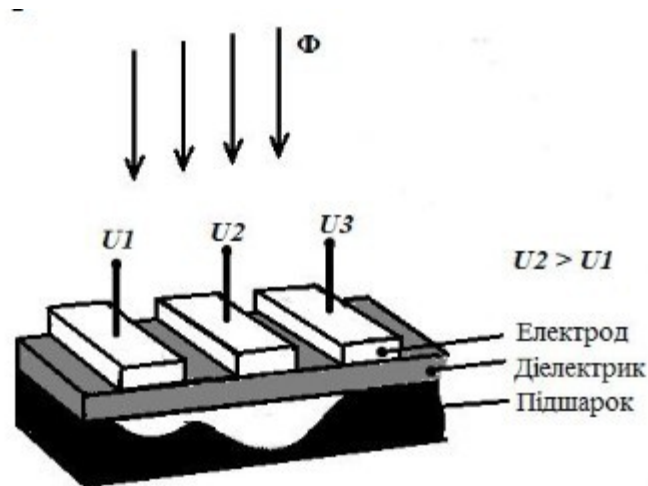


Рисунок 2 – Елемент трифазного ПЗЗ

Двовимірний масив (матрицю) пікселів отримують за допомогою стоп-каналів, що розділяють електродну структуру ПЗЗ на стовпці. Стоп-канали —це вузькі області, що формуються спеціальними технологічними прийомами в поверхневій області, які перешкоджають розтіканню заряду під сусідні стовпці. Як правило, такі матриці складаються з двох ідентичних областей —області накопичення і області зберігання. Пристрій схематично показаний на рисунку 8.Область зберігання захищена від дії світла світлонепроникним покриттям. Зарядовий рельєф, сформований в області накопичення, швидко переноситься в область зберігання і, потім, поки експонується наступний кадр, зчитується порядково у вихідний зсуваючий

(послідовний) реєстр. З послідовного реєстра зарядові пакети виводяться один за одним послідовно через вихідний підсилювач, розташований на цьому ж кристалі. У цьому вузлі відбувається перетворення заряду в напругу для подальшої обробки сигналу зовнішньою електронною апаратурою.

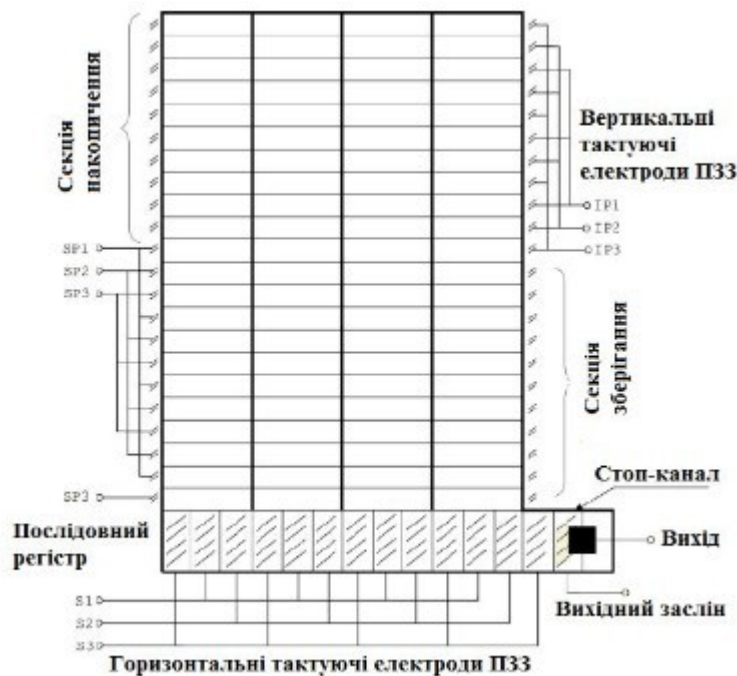


Рисунок 3 – Структура ПЗЗ матриці

Існують також матриці, в яких відсутня секція зберігання, і тоді рядкове перенесення здійснюється по секції накопичення. Для роботи таких матриць потрібний оптичний заслін.

2.5 Огляд сучасних засобів вимірювання температури нагрітих металів

2.5.1 Відеопірометр СТvideo 1М для високотемпературних вимірювань металів[7]

Двокомпонентний датчик для високотемпературних вимірювань металів з електронним блоком, відеокамерою і хрестоподібним лазерним прицілом. Зовнішній вигляд вимірювального перетворювача зображено на риснку 9.



Рисунок 9 – Відеопірометр СТvideo 1М для високотемпературних вимірювань металів

Характеристики відеопірометра СТvideo 1М наведені у таблицях 2.4, 2.5, 2.6.

Таблиця 2.4 – Загальні характеристики приладу Optris СТvideo 1М

	Вимірювальний перетворювач	Електронний бокс
Стандарт захисту	IP65 (NEMA-4)	
Температура навколишнього середовища	-20...70 °C	-20...85 °C
Температура зберігання	-40...85 °C	
Відносна вологість	10...95 %,	
Матеріал	Сталь	Цинк

Продовження таблиці 2.4 – Загальні характеристики приладу Optris CTvideo 1M

Розміри	116 мм х 50 мм, M48x1,5	89 мм х 70 мм х 30 мм
Вага	600 г	420 г
Довжина кабеля	3 м, 5 м, 10 м	
Даметр кабеля	5 мм	
Температура нс кабеля	Макс.. 80 °C	
Допустимий рівень вібрації	IEC 68-2-6: 3G, 11 – 200 Гц	
Допустимий рівень удару	IEC 68-2-27: 50G, 11 мс,	

Таблиця 2.5 – електричні характеристики приладу Optris CTvideo 1M

Напруга живлення	8–36 В
Струм споживання	макс. 160 мА
Лазерний вказівник	635 нм, 1 мВт,
Вихідний відеосигнал	Цифровий (USB 2.0), 640 х 480 пікселів, FOV 3.1° х 2.4°
Напруга живлення	8–36 В
Вихідний вимірювальний сигнал	0/ 4–20 мА, 0–5/ 10 В,
Сигнал тривоги	Колекторний вихід [24 В/ 50 мА]
Вихідний опір	Максимальний опір вимірювального кола 500 Ом (8-36 В) мінімальний опір навантаження. 100 kΩ
Цифровий інтерфейс	USB 2.0

Таблиця 2.6 – метрологічні характеристики

	1ML	1MH	1MH1
Діапазон вимірювання	485...1050	650...1800	800...2200
	°C	°C	°C

Продовження таблиці 2.6 – метрологічні характеристики

Спектральний діапазон	1,0 мкм	
Просторова роздільна здатність	150:1	300:1
Систематична похибка	$\pm(0,3 \% + 2\text{ }^{\circ}\text{C})$	
Відтворюваність результату	$\pm(0,1 \% + 1\text{ }^{\circ}\text{C})$	
Температурна роздільна здатність	0,1 К	
Час витримки	1 мс	
Підсилення	0,100...1,100	

2.5.2 Інфрачервона камера MetisVision MV09[8]

MetisVision MV09 - це короткохвильова камера для вимірювання металів, кераміки, композитів, напівпровідників або розплавленого скла.

Характеристики камери наведені у таблиці 2.7

Таблиця 2.7 – Характеристики камери MetisVision MV09

Температурні діапазони	600–1300 °C 750–1500 °C 900–1800 °C
Детектор	Формат ½"
Спектральний діапазон	0.75–1.08 мкм
Частота розгортки	макс. 60 Гц
Роздільна здатність	640 x 480 Пікселів
Інтерфейс	Gigabit Ethernet 1000 Mbit/s

Продовження таблиці 2.7 – Характеристики камери MetisVision MV09

Похибка вимірювання	0.5% від виміряного значення ($\epsilon = 1$, татм. 10–35°C)
Температурна роздільна здатність	1K
Тип лінзи:	Фіксована або автофокус
Коеф. випромінювальної здатності ϵ	змінний 0.1–1.00
Живлення	24 В (16–30 В), 800 мА
Методи контролю	Програмний тригер, віддалене ручне керування
Клас захисту	IP65
Температура навколишнього середовища	0–50°C
Температура зберігання	-40–70°C

2.6 Висновки до розділу

1. На сьогоднішній день дистанційний метод вимірювання температури стає основним у сфері вимірювання температури нагрітих металів. Це зумовлено перевагами у зручності застосування, точності та швидкості вимірювання, а також можливістю отримання термографічного зображення у багатьох точках об'єкту вимірювання одночасно.

2. Розробка інформаційно-вимірювальної системи температури нагрітих металів повинна базуватися на основі двомірної матриці вимірювальних елементів – найбільш перспективному типі пристроїв для вимірювання температури нагрітих металів.

3 АНАЛІТИЧНО ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розробка структурної схеми інформаційно вимірювальної системи температури нагрітих металів

Аналіз сучасних телевізійних систем дозволяє визначити типову структурну схему, як складається з наступних компонентів[9]:

- Оптична система
- Світло-електричний перетворювач
- Система формування сигналу
- Комп'ютер або мікроконтролер з пристроєм відображення

Структурна схема пристрою буде мати вигляд зображений на рисунку

10.



Рисунок 10 — Структурна схема телевізійної інформаційно-вимірювальної системи

3.2 Аналітичне дослідження характеристик вузлів телевізійної системи

Як було зазначено вище, одним з основних вузлів телевізійної інформаційної системи є оптична система яка зазвичай складається з світлофільтра та об'єктиву.

Світлофільтр в більшості випадків використовується для виділення певного спектрального інтервалу з потоку, що дозволяє створювати більш селективні пристрої. Основними параметрами світлофільтра можна назвати коефіцієнт пропускання та спектральний інтервал пропускання.

На рисунку 11 зображено спектральну характеристику світлофільтра

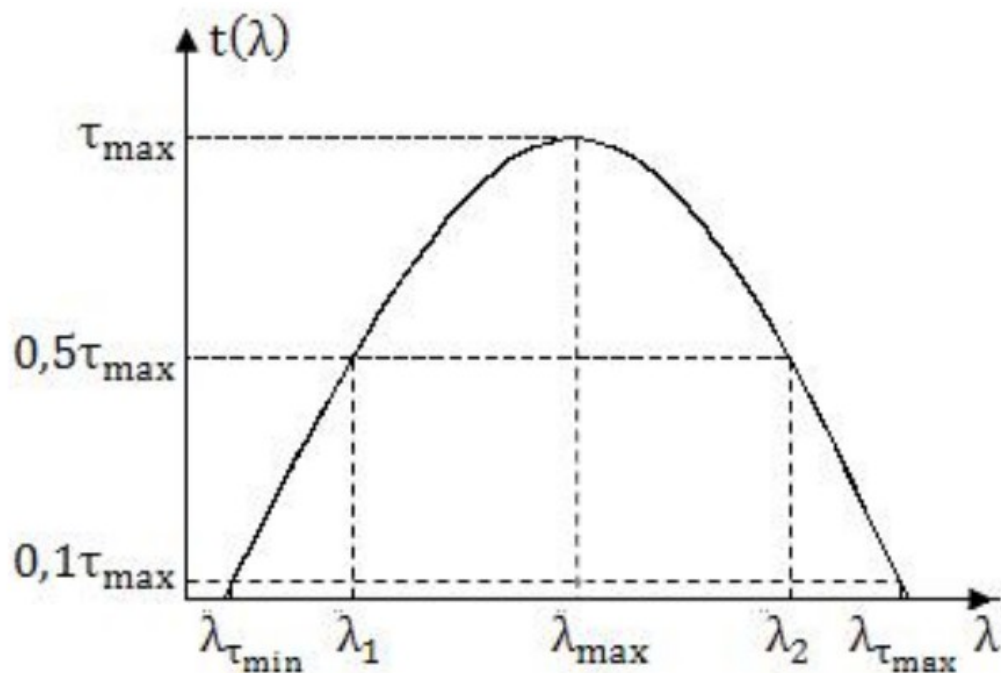


Рисунок 11 — Спектральна характеристика світлофільтра[10]

Окрім обмеження спектрального діапазону, світлофільтри можна застосовувати для зменшення потоку, що може бути застосовано наприклад для збільшення часу експозиції для фіксації довготривалого процесу.

Об'єктив ТІВС—оптична система, яка складається з кількох заломлюючих поверхонь і призначена для формування зображення об'єкту на чутливому шарі СЕП.

Основні характеристики об'єктива — фокусна відстань f , відносний отвір $\left(\frac{D}{f}\right)$, кутове поле зору 2ω , коефіцієнт пропускання, роздільна здатність.

Світло-електричний перетворювач є основою ТІВС. СЕП є первинним вимірювальним перетворювачем у телевізійній системі, а отже його характеристики визначають основні характеристики усієї системи, такі як чутливість, спектральний діапазон, похибки вимірювання.

Дана робота розрахована на застосування у чорній металургії, а саме виробництві сталі, отже елементи телевізійної інформаційно-вимірювальної системи повинні задовільняти характеристикам необхідним у цій галузі.

Основний робочий спектральний діапазон пристрою знаходиться у районі 1 мкм, отже необхідно застосовувати світлофільтр за відповідними параметрами. Спектральний діапазон та спектральна смуга пропускання світлофільтрів що задовільняють вимогам зображена на рисунку 12.

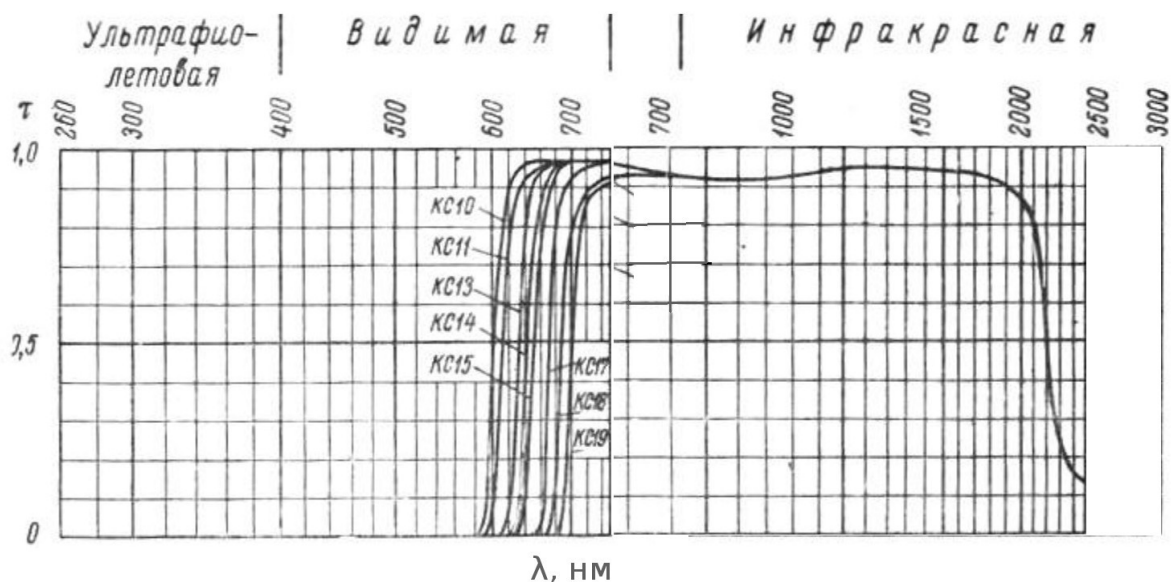


Рисунок 12 — Спектральна характеристика світлофільтрів[10]

Для дослідження можна обрати будь яку камеру що захоплює ближній інфрачервоний діапазон і має відносно лінійну спектральну характеристику у цьому діапазоні, наприклад NOVUS 130BH.[19]

3.3 Математична модель

Основною математичної моделі є закони Планка та Стефана-Больцмана.

Закон Стефана-Больцмана дає залежність енергії випромінювання з одиниці площі поверхні в одиницю часу від ефективної температури тіла, що випромінює, він має вигляд:

$$F = \sigma T^4 \quad (3.1)$$

де σ – постійна Стефана-Больцмана, T – температура тіла.

Для сірого тіла закон приймає вигляд:

$$F = \varepsilon \sigma T^4 \quad (3.2)$$

де ε — коефіцієнт випромінювальної здатності поверхні тіла, що залежить від температури.

Закон Планка встановлює залежність спектральної щільності енергетичної світимості АЧТ від температури T та довжини хвилі λ і має вигляд [21]:

$$M(\lambda, T) = \varepsilon \frac{C_1}{\lambda^5} \exp\left(-\frac{C_2}{\lambda T}\right) \quad (3.3)$$

де λ - довжина хвилі, мкм, T — температура у Кельвінах,

$$C_1 = 3,74 \cdot 10^8 \frac{\text{Вт} \cdot \text{мкм}^4}{\text{м}^2};$$

$$C_2 = 1,44 \cdot 10^4 \text{ мкм} \cdot \text{К}$$

Випромінювання об'єкта проходячи через середовище та оптичну систему формує потік на матриці чутливих елементів, вплив даного потоку можна характеризувати спектральною освітленістю матриці. Рівняння спектральної освітленості в залежності від параметрів оптичної системи та середовища має наступний вигляд

$$E(\lambda) = \frac{\pi}{4} \tau_c(\lambda) \tau_o(\lambda) \left(\frac{D}{f}\right)^2 M(\lambda, T) \quad (3.4)$$

де D/f - відносний отвір об'єктиву, τ_c - коефіцієнт пропускання середовища, τ_o - коефіцієнт пропускання оптичної системи.

Заряд, сформований пікселем

$$q = k[E(\lambda)] \quad (3.5)$$

Залежність струму від заряду, $\frac{q}{t_k} = i$, де t_k - час комутації, с.

$$U = i \cdot R \quad (3.6)$$

Стала експерименту:

$$B = \varepsilon \frac{C_1}{\lambda^5} \frac{\pi}{4} \tau_c(\lambda) \tau_o(\lambda) \left(\frac{D}{f} \right)^2 \quad (3.7)$$

Пірометричний сигнал:

$$A = B \exp \left(- \frac{C_2}{\lambda T} \right) \quad (3.8)$$

3.4 Вибір тестового об'єкту

Для проведення досліджень обрано температурну зразкову лампу другого розряду СИ-10-300 [11]. За умовами завдання, необхідний діапазон вимірюваних температур можна визначити як температури від 700° С до 2000° С що відповідає температурі нагрітих металів. Лампа СИ-10-300 має нормовані метрологічні характеристики, і може бути використана для вимірювання температур від 500 до 3000° С.

Електрична схема включення лампи зображена на рисунку 13

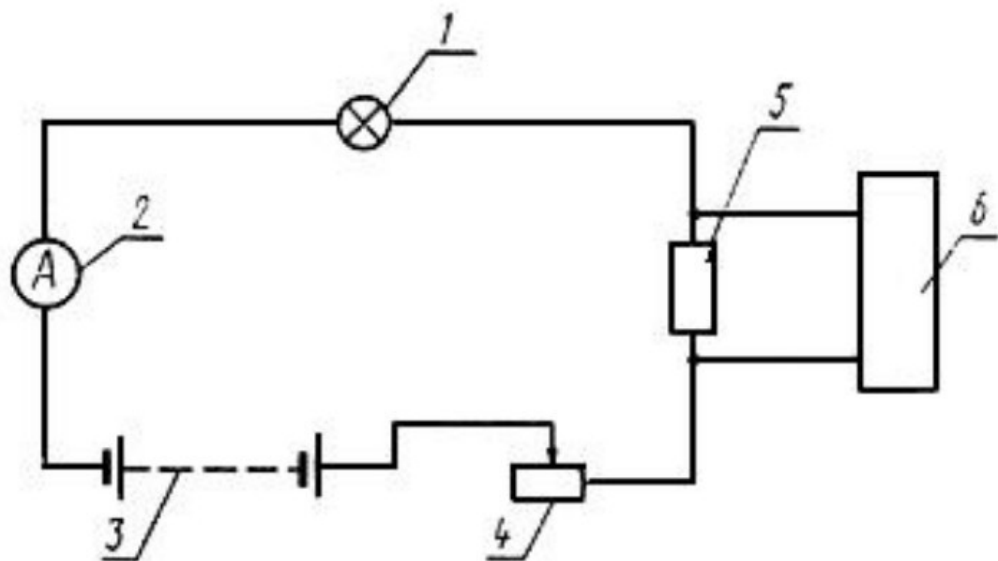


Рисунок 13 - Електрична схема включення лампи СИ-10-300.1 —

температурна лампа ; 2 - амперметр постійного струму не менше 30 А; 3 - акумуляторна батарея; 4 - реостат; 5 — вимірювальна катушка електричного опору ; 6 — вимірювальний потенціометр постійного струму з нормальним елементом.

На рисунку 14 зображено графік залежності струму споживання від температури вольфрамової нитки.

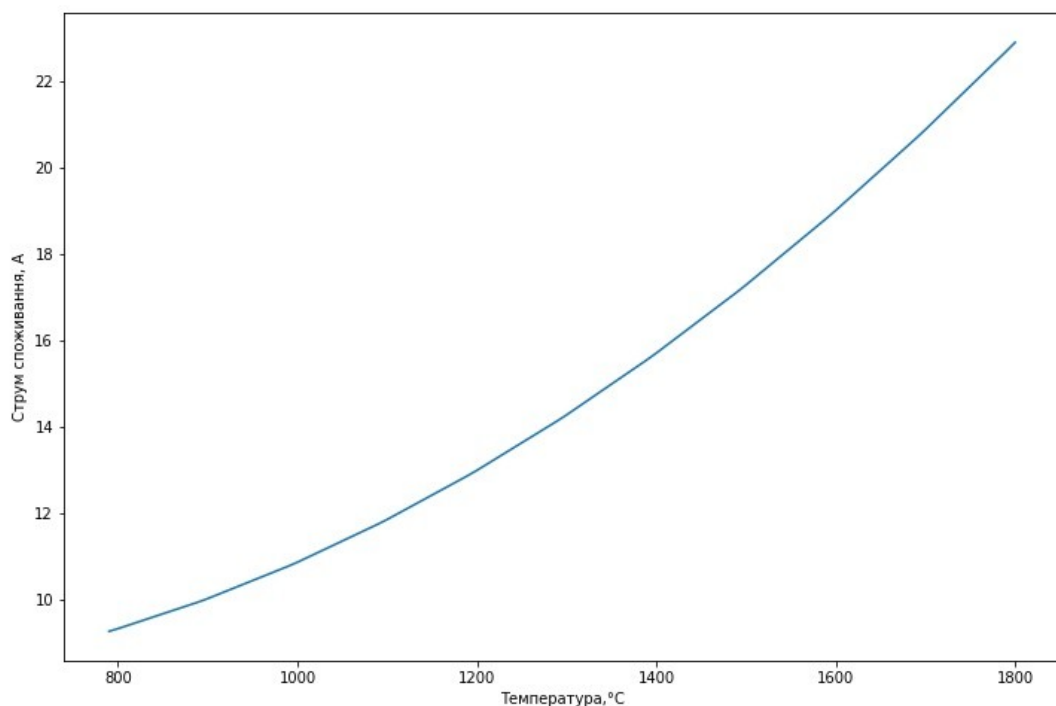


Рисунок 14 — залежність струму споживання температурної лампи СИ-10-300 від температури розжарення

3.5 Стенд для досліджень

Зовнішній вигляд стенду для дослідження зображено на рисунку 15 [12]. Основною задачею дослідження є визначення залежності пірометричного сигналу від струму розжарення лампи, ефективної довжини хвилі, та

визначення похибок вимірювання.

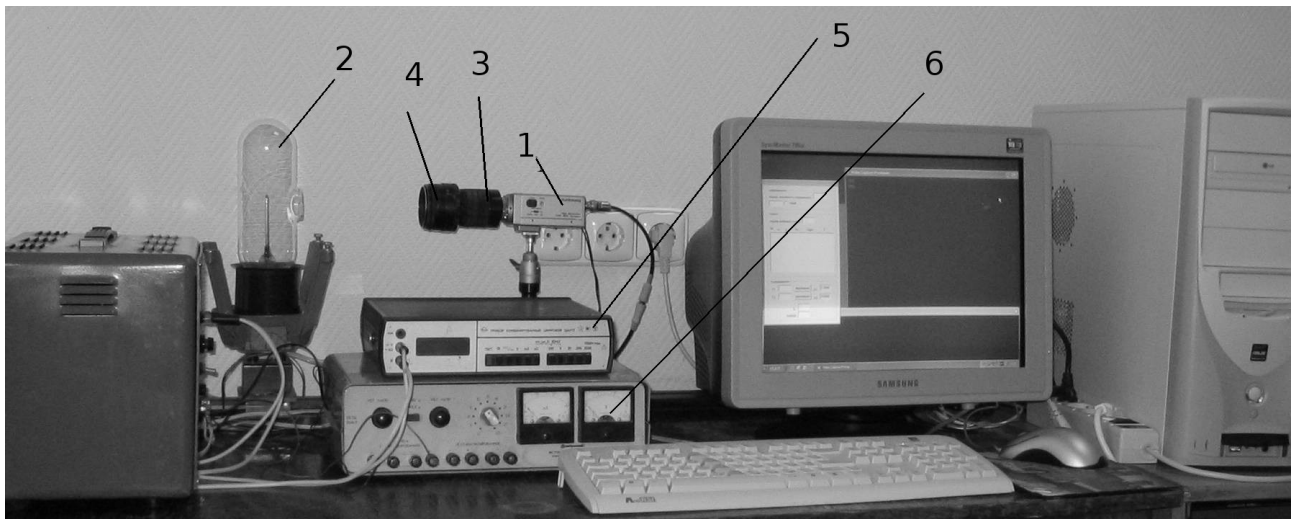


Рисунок 15 — вигляд стану для дослідження температури нагрітих металів. 1-- ПЗЗ-відеокамера, 2 — температурна лампа СИ-10-300, 3— об'єктив, 4—тубус, 5—амперметр, 6 —блок живлення

Блок живлення 6 лампи СИ-10-300 служить для регулювання та стабілізації її струму. Лампа 2 СИ-10-300 використовується як об'єкт дослідження. Об'єктив 3 утворює зображення на ПЗЗ-матриці. Тубус 4 забезпечує необхідний масштаб зображення; захищає ПЗЗ-матрицю від стороннього світла; фіксує площину зображень. Відеокамера 1 виробляє відеосигнал, що передається в комп'ютер для обробки. Амперметр 6 вимірює струм лампи СИ10-300 .

3.6 Виконання дослідження

Дослідження проводяться при нормальних умовах:

- Температура повітря 20 ± 5 °C;

- Відносна вологість повітря 30 — 80%;
- Відсутність механічного впливу(удари, струси);
- Відсутність зовнішніх електромагнітних полів, окрім земного.

Попереднє прогрівання лампи СИ-10-300 перед дослідженням виконувалось на протязі 15 хвилин.

Для зняття показників використовується програма VIVID. Після запуску програми в командному меню вибираємо Source Setup. У вікні, що з'явилося, вибираємо Video for Windows і натискаємо клавішу Connect рисунок 16.

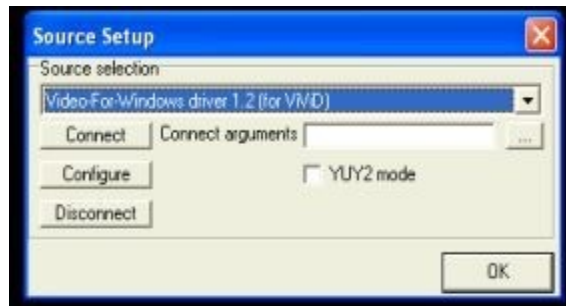


Рисунок 16 — вибір джерела відеосигналу.

Після цього у вікні Frame Controls натискаємо Live та Actions, щоб активувати програму рисунок 17.

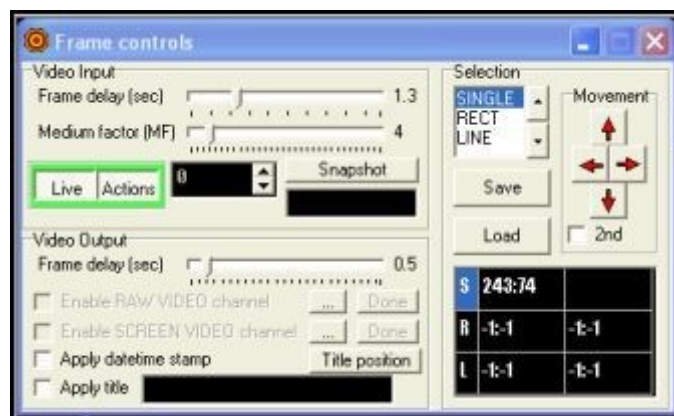


Рисунок 16 — вибір джерела відеосигналу.

Потім вибираємо яким чином ми будемо міряти(по точці, лінії або по прямокутнику). Лівою кнопкою миші відмітити точку на об'єкті у вікні виводу відео-зображення рисунок 17.



Рисунок 17 — Вікно відеозображення

3.7 Експеримент з визначення залежності пірометричного сигналу від величини струму розжарювання

Було проведено два експерименти:

- використано світлофільтр КС-11, проведено 120 вимірювань;
- використано світлофільтр ИКС-3, проведено 60 вимірювань.

полоса пропускання: 600-2703 мкм

частота: 5с

усереднення: по 4 точкам

$$(D/f') = 1/4$$

Обробка результатів експериментів проводилась за допомогою пакету SciPy [13]. Результати експерименту з використанням світлофільтру КС-11 приведені на рисунку 18, у вигляді графіку залежності пірометричного сигналу

від величини струму, що поданий на лампу, а також зображено функцію, яка демонструє нахил і зміщення лінії, яка найкращим чином наближує дані методом найменших квадратів.

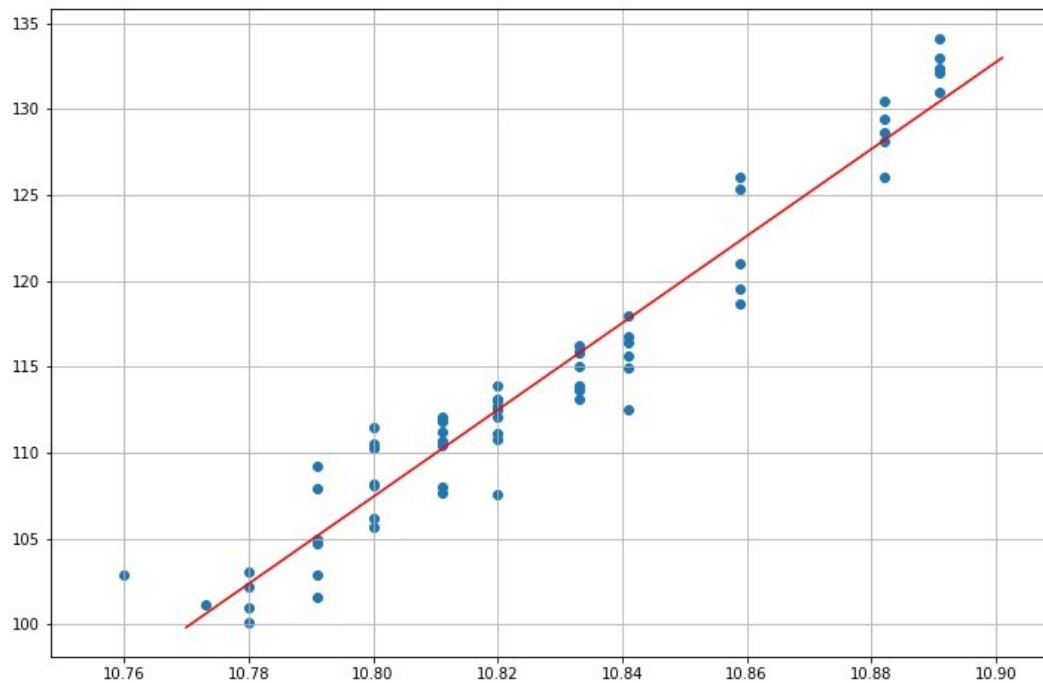


Рисунок 18 — Залежність пірометричного сигналу від струму розжарення вольфрамового дроту

У зв'язку з тим, що ми отримали набір виміряних відповідних значень x та y , між якими очікується поліноміальна залежність, нам необхідно наблизити ці значення за допомогою полінома найкращим чином, тому в даному випадку використовуємо функцію поліноміальної регресії 2-го, 3-го та 4-го порядків, див рисунки 19,20,21

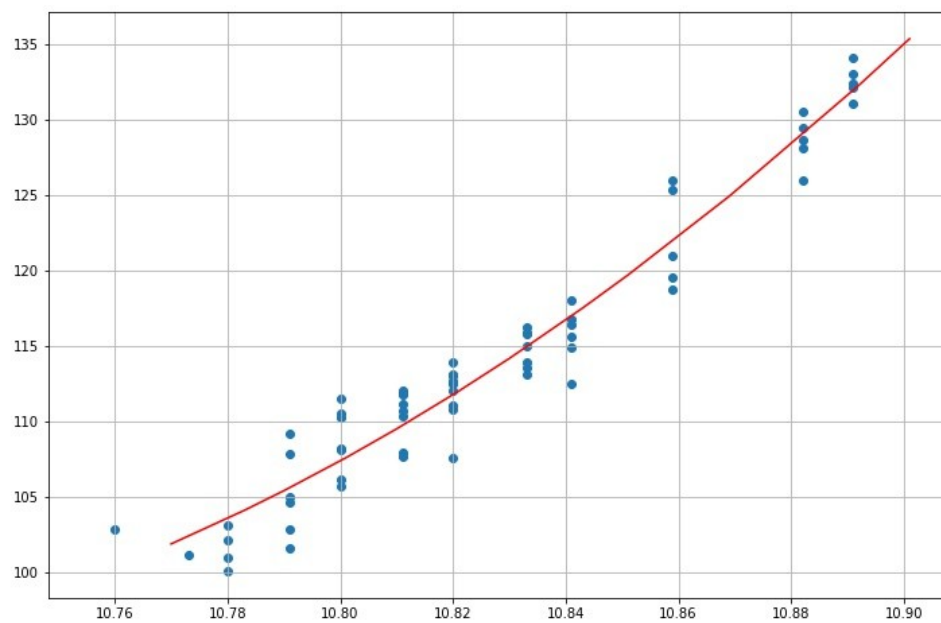


Рисунок 19 — Наближення значень поліноміальною регресією 2 порядку

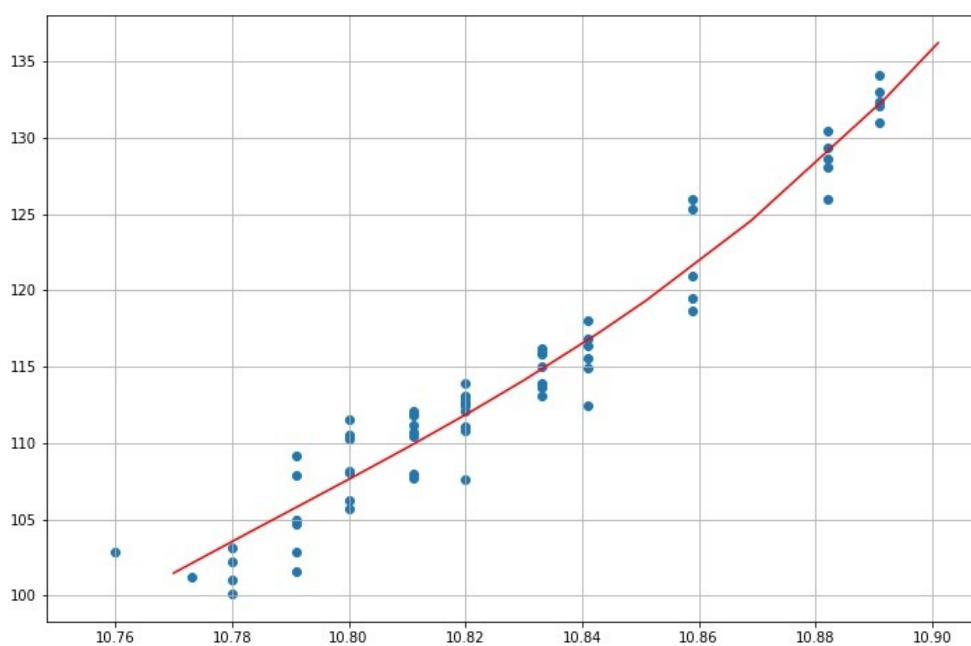


Рисунок 20 — Наближення значень поліноміальною регресією 3 порядку

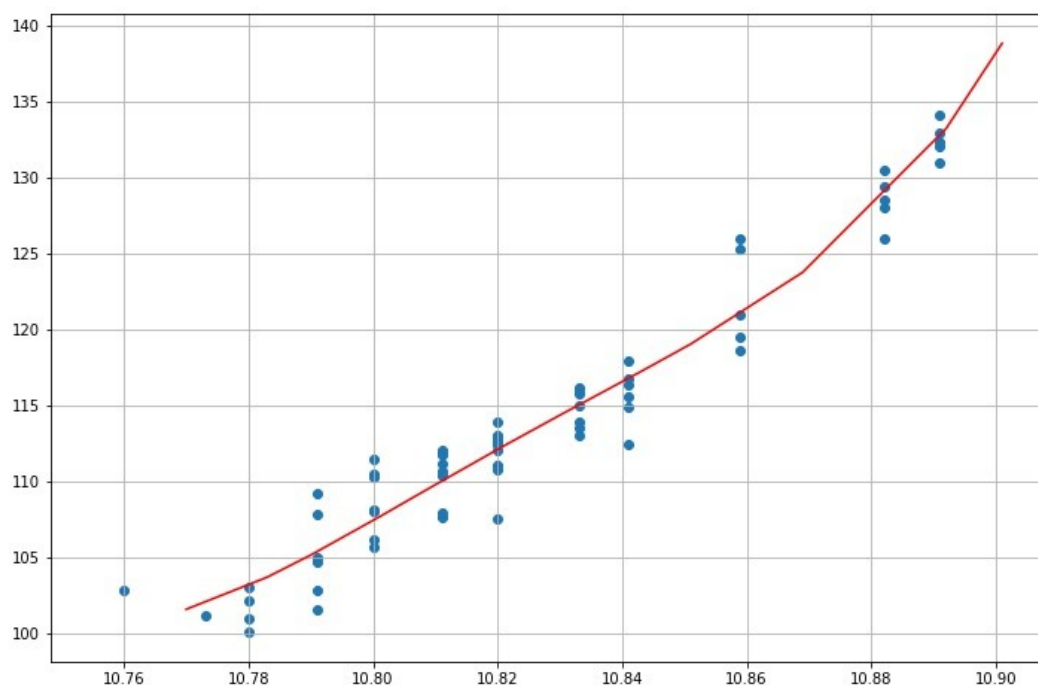


Рисунок 21 — Наближення значень поліноміальною регресією 4 порядку

Проводимо аналогічні дії для обробки результатів експериментального дослідження з використанням іншого світлофільтру, а саме ИКС-3. Результати обробки приведені на рисунку 22.

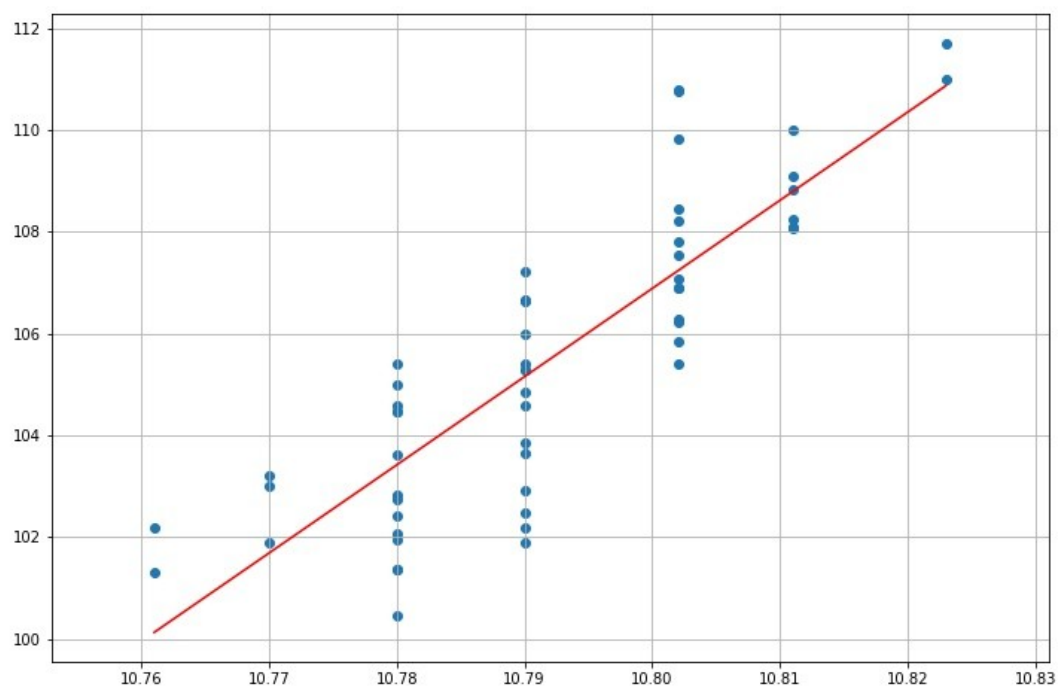


Рисунок 22 — Залежність пірометричного сигналу від струму розжарення вольфрамового дроту при використанні світлофільтру ИКС-11

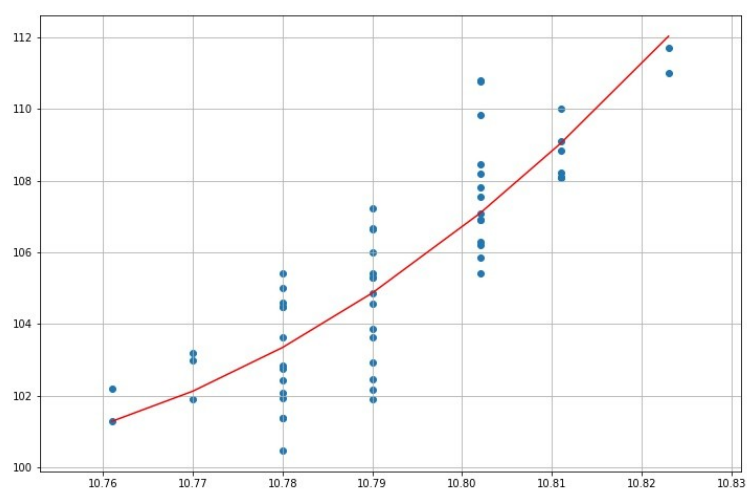


Рисунок 23 — Наближення значень поліноміальною регресією 2 порядку

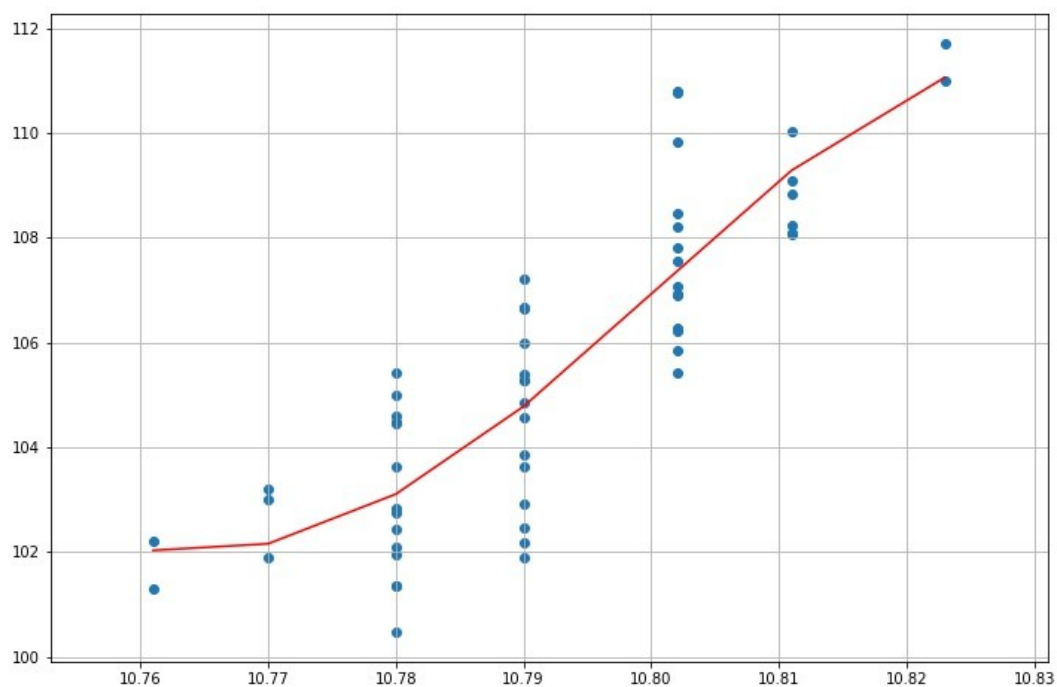


Рисунок 24 — Наближення значень поліноміальною регресією 3 порядку

3.8 Визначення ефективної довжини хвилі

- Експеримент проводиться в лабораторії при стандартних умовах.

- Під час одного циклу вимірювання умови експерименту є незмінними.

- Проводиться 3 цикли вимірювань сигналу пірометра для двох різних довжин хвилі (використовуються різні світлофільтри)[14][18].

- Для кожного циклу вимірювання визначаються 2 значення вихідного сигналу приладу – при двох близьких значеннях температури T_1 та T_2 . [15]

Дослідження еквівалентної довжини хвилі (цикл 1).

$T_1 = 1002 \text{ K}$, $T_2 = 1015 \text{ K}$;

Використовуємо світлофільтр ОС-11;

$$D/f = 1/5,6$$

$$A_{1\text{cp}} = \frac{1}{n} \left(\sum_i A_{1i} \right) = 97,2 \quad (3.9)$$

$$\sigma_{A1} = \sqrt{\frac{\sum_i (A_{1i} - A_{1\text{cp}})^2}{n(n-1)}} = 0,527 \quad (3.10)$$

$$\Delta A = \pm \sigma_{A1} \cdot K_C = 1,158 \quad (3.11)$$

$$A_{2\text{cp}} = \frac{1}{n} \left(\sum_i A_{2i} \right) = 111,35 \quad (3.12)$$

$$\sigma_{A2} = \sqrt{\frac{\sum_i (A_{2i} - A_{2\text{cp}})^2}{n(n-1)}} = 0,201 \quad (3.13)$$

$$\Delta A = \pm \sigma_{A2} \cdot K_C = 0,443 \quad (3.14)$$

$$C_2 = 1,44 \cdot 10^4 \text{ мкм} \cdot K \quad (3.15)$$

При кількості вимірювань $n = 10$ для довірчої ймовірності $p = 0,95$ коефіцієнт Стюдента $K_C = 2,2$. [17]

Похибка вимірювання λ_{ef} визначається похибкою вимірювання A_1 та A_2 .

$$\lambda_{\text{ef}} = \frac{C_2 \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)}{\ln \left(\frac{A_2}{A_1} \right)} \quad (3.16)$$

$$\lambda_{\text{efcp}} = \frac{1}{n} \left(\sum_i \lambda_{\text{efi}} \right) = 1,383 \quad (3.17)$$

$$\Delta \lambda_{\text{ef}} = \lambda_{\text{efcp}} \left(\frac{\Delta A_1}{A_{1\text{cp}}} + \frac{\Delta A_2}{A_{2\text{cp}}} \right) = \pm 0,011 \quad (3.18)$$

Таблиця 3.1 — Результати 1 циклу дослідження

№ п/п	A_1	A_2	$(A_{1i} - A_{1cp})^2$	$(A_{2i} - A_{2cp})^2$	$\lambda_{\text{еф}}$
1	98,5	110	1,69	1,8225	1,666899
2	98,75	111	2,4025	0,1225	1,574032
3	98,75	111,25	2,4025	0,01	1,544321
4	98,5	111,25	1,69	0,01	1,512161
5	98,5	111,25	1,69	0,01	1,512161
6	97,5	111	0,09	0,1225	1,419405
7	96,25	112	0,9025	0,4225	1,214553
8	95,75	112,25	2,1025	0,81	1,157732
9	94,75	111,75	6,0025	0,16	1,115396
10	94,75	111,75	6,0025	0,16	1,115396

$$\lambda_{\text{еф}} = 1,383 \pm 0,011 \text{ мкм} \quad (3.19)$$

Дослідження еквівалентної довжини хвилі (цикл 2).

$T_1 = 999 \text{ К}$, $T_2 = 1020 \text{ К}$;

Використовуємо світлофільтр ИКС-5;

$D/f = 1/5,6$

$$A_{1cp} = \frac{1}{n} \left(\sum_i A_{1i} \right) = 98,45 \quad (3.20)$$

$$\sigma_{A_1} = \sqrt{\frac{\sum_i (A_{1i} - A_{1cp})^2}{n(n-1)}} = 0,138 \quad (3.21)$$

$$\Delta A = \pm \sigma_{A1} \cdot K_C = 0,305 \quad (3.22)$$

$$A_{2\text{cp}} = \frac{1}{n} \left(\sum_i A_{2i} \right) = 94,4 \quad (3.23)$$

$$\sigma_{A2} = \sqrt{\frac{\sum_i (A_{2i} - A_{2\text{cp}})^2}{n(n-1)}} = 0,125 \quad (3.24)$$

$$\Delta A = \pm \sigma_{A2} \cdot K_C = 0,274 \quad (3.25)$$

$$\Delta \lambda_{\text{ef}} = \lambda_{\text{efcp}} \left(\frac{\Delta A_1}{A_{1\text{cp}}} + \frac{\Delta A_2}{A_{2\text{cp}}} \right) = \mp 0,001 \quad (3.26)$$

$$\lambda_{\text{efcp}} = \frac{1}{n} \left(\sum_i \lambda_{\text{efi}} \right) = -7,228 \quad (3.27)$$

Таблиця 3.2 — Результати 2 циклу дослідження

№ п/п	A_1	A_2	$(A_{1i} - A_{1\text{cp}})^2$	$(A_{2i} - A_{2\text{cp}})^2$	λ_{ef}
1	97,5	94,25	0,9025	0,0225	-8,7538
2	98,25	94	0,04	0,16	-6,71109
3	99	94	0,3025	0,16	-5,72633
4	99	93,75	0,3025	0,4225	-5,44645
5	98,75	94,5	0,09	0,01	-6,74601
6	98,5	94,75	0,0025	0,1225	-7,64575
7	98,25	94,5	0,04	0,01	-7,62596
8	98,5	94,5	0,0025	0,01	-7,15849
9	98,25	95	0,04	0,36	-8,82229
10	98,5	94,75	0,0025	0,1225	-7,64575

$$\lambda_{\text{ef}} = -7,228 \pm 0,001 \text{ мкм} \quad (3.28)$$

Дослідження еквівалентної довжини хвилі (цикл 3)

T1 = 999 K;

T2 = 1020 K;

Використовуємо світлофільтр ФС-6;

D/f` = 1/5,6

$$A_{1\text{cp}} = \frac{1}{n} \left(\sum_i A_{1i} \right) = 98,975 \quad (3.29)$$

$$\sigma_{A1} = \sqrt{\frac{\sum_i (A_{1i} - A_{1\text{cp}})^2}{n(n-1)}} = 0,079 \quad (3.30)$$

$$\Delta A = \pm \sigma_{A1} \cdot K_C = 0,173 \quad (3.31)$$

$$A_{2\text{cp}} = \frac{1}{n} \left(\sum_i A_{2i} \right) = 96,975 \quad (3.32)$$

$$\sigma_{A2} = \sqrt{\frac{\sum_i (A_{2i} - A_{2\text{cp}})^2}{n(n-1)}} = 0,146 \quad (3.33)$$

$$\Delta A = \pm \sigma_{A2} \cdot K_C = 0,322 \quad (3.34)$$

$$\lambda_{\text{ефср}} = \frac{1}{n} \left(\sum_i \lambda_{\text{ефi}} \right) = -15,548 \quad (3.35)$$

$$\Delta \lambda_{\text{еф}} = \lambda_{\text{ефср}} \left(\frac{\Delta A_1}{A_{1\text{cp}}} + \frac{\Delta A_2}{A_{2\text{cp}}} \right) = \pm 0,025 \quad (3.36)$$

Таблиця 3.3 – Результати експериментальних досліджень

№ п/п	A_1	A_2	$(A_{1i} - A_{1\text{cp}})^2$	$(A_{2i} - A_{2\text{cp}})^2$	$\lambda_{\text{еф}}$
1	99,25	96	0,075625	0,950625	-8,91361

Продовження таблиці 3.3 – Результати експериментальних досліджень

2	98,5	97	0,225625	0,000625	-19,339
3	98,75	97	0,050625	0,000625	-16,5973
4	99	97,5	0,000625	0,275625	-19,4379
5	98,75	96,75	0,050625	0,050625	-14,504
6	99,25	97	0,075625	0,000625	-12,9418
7	99	96,75	0,000625	0,050625	-12,9088
8	99	97	0,000625	0,000625	-14,5411
9	99	97,75	0,000625	0,600625	-23,3553
10	99,25	97	0,075625	0,000625	-12,9418

$$\lambda_{\text{ef}} = -15,548 \pm 0,025 \text{ мкм} \quad (3.38)$$

4 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ НАГРІТИХ МЕТАЛІВ»

4.1 Опис ідеї проекту (товару, послуги, технології)

Розглянувши в попередніх розділах технічні аспекти застосування телевізійних інформаційно-вимірювальних систем у металургії виникає питання щодо комерційної привабливості продукту на основі ТІВС. В цьому розділі буде проведено аналіз стартап проекту який має на меті визначити чи зможе наш продукт вийти на ринок і конкурувати з продуктами які вже зайняли на ньому своє місце

У таблиці 4.1 зображено зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів.

Таблиця 4.1. — Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Вдосконалення телевізійної інформаційно-вимірювальної системи програмними методами	Лабораторні дослідження	Автоматизація виробничих процесів
	Контроль технологічних процесів у металургії	Підвищення точності вимірювання технологічних параметрів

Отже, пропонується застосувати сучасні програмні методи обробки зображення та відеопотоку що формується телевізійною вимірювальною системою для аналізу технологічних параметрів на металургійному виробництві , які дозволять формувати керуючий сигнал для автоматичних систем керування.

Далі проводимо аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів:

- визначаємо перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї;
- визначаємо попереднє коло конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводимо збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;
- проводимо порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) таблиця. 4.2.

Таблиця 4.2 — Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко- економічні характерис тики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W	N	S
		Мій проект	Optris CTvideo 1M	AMETE K NIR imager	Смотрич -П			
1.	Вартість обладнання , тис. грн	120000	120000	115000	85000	-	+	-
2.	Вартість експлуатації, тис. грн /рік	10	10	4	6	-	+	-
3.	Наявність модульної конструкції	+	-	-	-	-	-	+

Продовження таблиці 4.2 — Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

4.	Відсоток хибних спрацювань	0.2	0.2	0.1	1.2	-	-	+
5.	Затрати на виробництво	Високі	Високі	Високі	Низькі	-	+	-
6.	Відповідність міжнародним стандартам	+	+	-	-	-	+	-
7.	Торгова марка	Немає	Є	Є	Є	+	-	-

Порівнявши свій проект з конкурентами був визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик та властивостей ідеї потенційного товару що є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності.

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

проводимо аудит технології та методів обробки, за допомогою яких можна реалізувати ідею створення проекту таблиця 4.3.

Таблиця 4.3 — Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Швидкість розробки на основі існуючих бібліотек	Доступність технологій
1.	Розробка ТІВС для вимірювання температури нагрітих металів	Написання комп'ютерної програми на мові програмування C	Низька	Відкритий вихідний код

Продовження таблиці 4.3 — Технологічна здійсненність ідеї проекту

Написання комп'ютерної програми на мові програмування C++	Низька	Відкритий вихідний код
Написання комп'ютерної програми на мові програмування Python	Висока	Відкритий вихідний код
Написання комп'ютерної програми на мові програмування Java	Середня	Пропрієтарний код
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Написання комп'ютерної програми на мові програмування Python.		

Проаналізувавши таблицю можна зробити висновок що наш проект можна реалізувати на більшості доступних мов програмування які доступні на даний момент, але серед доступних нам ми обираємо мову Python та будемо використовувати її для реалізації нашої ідеї.

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту

Визначимо ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть перешкодити його реалізації.

Це дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Спочатку проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка

розвитку ринку таблиця 4.4.

Таблиця 4.4 — Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	120000 грн.
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Необхідність підтвердження ефективності, середня конкуренція, високий показник якості обслуговування.
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	-
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	65%

Так як ринок має зростаючу динаміку і хороший попит на запропонований нами продукт робимо висновок що ринок є привабливим для входження за попереднім оцінюванням.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи таблиця 4.5.

Таблиця 4.5 — Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
	Необхідність підвищення технологічності та рівня автоматизації виробництва	Підприємства чорної металургії	Запропонована система налаштовується під конкретного користувача, що призводить до необхідності переналаштування при зміні обладнання або тех-процесу. Процес переналаштування регулюється ліцензійним договором.	<ul style="list-style-type: none"> - Забезпечення необхідного рівня автоматизації - Надійність при тривалому застосуванні - Можливість швидкого переналаштування на інший тех-процес

В даній таблиці ми визначили сегменти ринку на якому будемо пропонувати наш продукт, визначили фактори продукту які формують поведінку клієнтів.

В таблиці 4.6 ми визначили фактори загроз які перешкоджають ринковому впровадженню нашого проекту. Але поряд із колом загроз існують і певні можливості таблиця 4.7.

Таблиця 4.6 — Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Конкуренція	Можливий вихід на ринок іноземних компаній конкурентів	Дослідження продукту конкурента та вдосконалення свого

Продовження таблиці 4.6 — Фактори загроз

2.	Інфляція	Зміна курсу гривні, за рахунок чого можуть зменшитися продажі	Реалізація продукту в більш стабільній (іноземній) валюті та моніторинг економічної ситуації в країні
3.	Наявність локального конфлікту на сході	Може вплинути на коло потенційних покупців	Пошук нових клієнтів на міжнародному ринку
4.	Постачання	Проблема з фірмами постачальниками	Зміна політики розповсюдження продукту
5.	Технічний	Збої в програмі в зв'язку з неправильним налаштуванням	Оперативне переналаштування.

Таблиця 4.7 — Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Науково-технічні	Зміниться технологія виготовлення товару	Впровадить технологію і змінить вартість товару
2.	Попит	Хороші темпи зростання ринку	Збільшення продажів і отже прибутків компанії
3.	Економічні	Політика протекціонізму; підтримка інноваційного виробництва.	Підвищення/пониження ціни на продукт; зменшення податкового тиску
4.	Політико-правові	Може вплинути на купівлю/продаж товару.	Зміна напрямків імпорту
5.	Екологія	Підвищення зацікавленості людей екологічними проблемами	Реклама своєї продукції яка допомагає знизити енергозатрати та шкідливі викиди

В таблиці 4.7 ми визначили фактори можливостей які сприяють ринковому впровадженню нашого проекту, а вигоди які компанія може отримати відповідно від реакції на той чи інший фактор

Таблиця 4.8 — Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Тип конкуренції	Олігополія	Можливість домовленості х іншими олігополістами для отримання взаємної вигоди
2. Рівень конкурентної боротьби	Міжнародний	Вдосконалення продукту і пошук можливості виходу на міжнародний ринок
3. За галузевою ознакою	Міжгалузева	Розширення ринку за рахунок збільшення попиту
4. Конкуренція за видом товарів	Товарно-видова	Вдосконалення та реклама для показу переваг
5. За характером конкурентних переваг	Нецінова	Вдосконалення свого продукту і при цьому невелике зменшення цін відносно конкурентів
6. За інтенсивністю	Не марочна	Розробка бренду і його активна реклама

В даній таблиці ми проаналізували ринок збуту нашого продукту і визначили загальні риси конкуренції на ньому.

Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі за методом М.Портера. Складові аналізу та висновки

наведені у таблиці 4.9

Таблиця 4.9 — Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	На даний момент на ринку присутні 3 прямі конкуренти які надають подібні послуги	Патенти на продукти. Законодавчі обмеження. Ефективність рішень	Постачальниками обладнання є великі технічні конгломерати, що передбачає високі технічні характеристики та швидке збільшення обсягів поставок	Основними клієнтами є підприємства металургії, що в силу особливостей неперервного техпроцесу означає стабільний прибуток	Фактором ризику є впровадження постачальниками свого ПЗ аналогічного напрямлення
Висновки:	Інтенсивність боротьби середня.	Можливість входу на ринок висока, велика кількість потенційних конкурентів, строки виходу на ринок -1 рік	Так як концентрація постачальників доволі висока вони не диктують умови роботи на ринку.	Клієнти не диктують умови роботи на ринку, через специфіку предметної області, якість важливіша за ціну.	Постійне покращення алгоритмів необхідне для підтримки конкурентоспроможності

Проаналізувавши таблицю 4.9 робимо висновок що з огляду на конкурентну ситуацію на ринку можливість роботи на ринку присутня. Також ми визначили які характеристики повинен мати проект і які дії має проводити компанія щоб бути конкурентоспроможною на ринку.

Після всіх аналізів визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Поки проект не впроваджено в життя, це важко зробити точно, можна дати лише попередню оцінку конкурентоспроможності.

Таблиця 4.10 — Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Велика кількість постачальників	Своєчасна доставка продукту в незалежності від ситуації на ринку постачальників
2	Висока якість	Висока якість продукту яка дозволяє клієнту бути впевненим у неперервності техпроцесу
3	Технічна підтримка	Технічна підтримка розробленого програмного забезпечення при виникненні збоїв та постійне вдосконалення продукту
4	Ціна	Опрацювання відгуків клієнтів, вдосконалення відповідно до їх пропозицій та за можливості зниження ціни на продукт.

В таблиці 4.10 на основі аналізу проведеного в таблиці 4.9 визначили та обґрунтували фактори конкурентоспроможності нашого проекту.

Таблиця 4.11 — Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «STC»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з «STC»						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Наявність патентів	10				+			
2	Велика кількість постачальників	15				+			
3	Висока якість	12	+	+					
4	Технічна підтримка	19		+					
5.	Ціна	14				+			

З таблиць 4.10 та 4.11 бачимо, що фактори конкурентоспроможності суттєві та мають великий позитивний внесок при впровадженні системи на основі TIVC. Основною перевагою та головним досягненням є висока якість продукту та технічна підтримка на протязі всього терміну його використання споживачем.

Таблиця 4.12 — SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <p>Новітній підхід до вирішення технічних завдань.</p> <p>Значне скорочення витрат при впровадженні системи</p>	<p>Слабкі сторони:</p> <p>Наявність менш досконалих систем, які значно дешевші, але можуть скласти конкуренцію за умови роботи у парі з оператором. Новизна підходу, що може негативно сприйматися клієнтами</p>
<p>Можливості:</p> <p>1. Вдосконалення продукту через впровадження нових технологій;</p> <p>2. Збільшення продаж;</p> <p>3. Отримання державних замовлень на отримання послуг;</p> <p>4. Розширення ринку за рахунок іноземних замовників.</p>	<p>Загрози:</p> <p>1. Цінова конкуренція в зв'язку з появою нових гравців на ринку.</p> <p>2. Політичні та економічні ризики ведення бізнесу;</p> <p>3. Втрата потенційних клієнтів через недостатню технічну підтримку;</p>

В таблиці 4.12 проводимо перелік сильних та слабких сторін проект. А також ринкових загроз та ринкових можливостей який складаємо на основі факторів загроз і можливостей який ми склали раніше. Ринкові загрози та можливості на відміну від факторів ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення.

На основі SWOT-аналізу розробляємо альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок.

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів. Можливі варіанти альтернативної поведінки на ринку представлені у таблиці 4.13

Таблиця 4.13 — Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Встановлення безкоштовних зразків	Висока	0.5 роки
2	Агресивна маркетингова компанія	Середня	3 міс.
3	Проведення спільних випробувань з науково- дослідними організаціями зادля підтвердження ефективності розробки.	Низька	1 рік

Встановлення безкоштовних зразків — є оптимальною стратегією, яка дозволить швидко набрати клієнтську базу, відсіяти потенційно невігідних клієнтів та отримати зворотній зв'язок від клієнтів за короткий період часу.

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

За результатами аналізу потенційних груп споживачів ми обрали цільові групи, для яких будемо пропонувати свій продукт та визначили стратегію охоплення ринку: стратегію диференційованого маркетингу, тому що працюємо із конкретним сегментом, розробляючи для нього програму ринкового впливу. Опис цільових груп потенційних клієнтів, попиту на певних ринках та рівень конкуренції наведено у таблиці 4.14

Таблиця 4.14 — Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Промислові компанії	Середня	Високий	Середня	Середні бар'єри входу на ринок
2	НДІ	Висока	Незначний	Низька	Середні бар'єри входу на ринок
Під час аналізу потенційних груп споживачів було прийнято рішення що компанія буде працювати із промисловими компаніями.					

Для роботи в обраному сегменті ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку.

Таблиця 4.15 Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
	Встановлення безкоштовних зразків	Диференційований маркетинг	Якісний продукт, до якого прихильні споживачі, постійний зворотній зв'язок з клієнтами.	Стратегія диференціації

В таблиці 4.15 в залежності від обраного нами сегменту ринку обираємо стратегію розвитку нашого проекту на ринку.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки таблиця 4.16.

Таблиця 4.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
	Ні	Забирати існуючих у конкурентів	Так, елементна база буде аналогічною.	Стратегію виклику лідера

В таблиці 4.17 проводимо аналіз того як будемо поводити себе в конкурентній боротьбі і в залежності від прийнятих нами рішень обираємо стратегію конкурентної поведінки.

На основі вимог споживачів з обраного сегменту до постачальника і продукту, а також в залежності від стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробляємо стратегію позиціювання яка визначається у формування ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати проект

Таблиця 4.17 Визначення стратегії позиціювання

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
	Зменшення операційних витрат, автоматизація.	Стратегія диференціації	Застосування нових технологій до традиційних тех-процесів	Ефективність Іноваційність

В даній таблиці формуємо комплекс асоціацій за якими споживачі будуть ідентифікувати наш торгівельний проект.

Результатом даного підрозділу є система рішень щодо ринкової поведінки компанії, вона визначає в якому напрямі буде працювати компанія на ринку

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару, який отримає споживач. У таблиці 4.18

підсумовуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 4.18 — Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
	Оптимізація витрат, автоматизація виробництва, безпека.	Зменшення витрат на персонал, зменшення ризиків, автоматизація виробництва	Застосування алгоритмів обробки зображення і відеопотоку в автоматичному режимі, замість роботи оператора

Результатом аналізу даної таблиці є перелік ключових переваг нашого товару перед конкурентами, а також переваги які потрібно ще створити.

Таблиця 4.19 — Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Система контролю температури, що дозволяє працювати в автоматичному режимі.		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
II. Товар у реальному виконанні	1. Напрацювання на відмову	М	Тх
	2. Гарантійний термін (довгий термін гарантійного обслуговування)	Нм	Е
	3. Досконалість виробничого виконання (Досконалий дизайн)		
	4. Вартість обслуговування (Низька вартість необхідного програмного забезпечення та обслуговування)	Нм	Тл
		Нм	Вр
Якість: Визначається відсотком хибних спрацювань			

Продовження таблиці 4.19 — Опис трьох рівнів моделі товару

	Пакування: ІЧ камера з додатковими модулями у протиударному кейсі
	Марка: STC, назва товару STC1
III. Товар із підкріпленням	До продажу споживач має можливість протестувати систему на одному агрегаті.
	Після продажу споживач буде отримувати аналітичну інформацію за згодою після обробки масиву даних за певний період
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Товар буде захищено ліцензійним договором , обфускацією коду та апаратними методами	

В таблиці 4.19 ми створюємо трьохрівневу модель нашого товару що включає задум товару та його вигоди, основі характеристики готового товару, спосіб його пакування та захисту від копіювання та плагіату.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватися при встановленні ціни на потенційний товар, це передбачає аналіз цін товарів конкурентів, та доходів споживачів продукту (таблиця 4.20).

Таблиця 4.20 — Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
	300-120000	100000-120000	-	110000-130000

В таблиці 4.20 проаналізовано ринкові ціни на товари аналоги та замінники, а також середній рівень доходів споживачів. За отриманими даними буду встановлена верхня та нижня межа на нашу програму.

Таблиця 4.21 — Формування системи збуту

№ п/ п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
	Покупка товару один раз з діючою ліцензією на встановлений термін, продовження ліцензії після її закінчення в разі необхідності.	Доставка товару покупцю, його встановлення та налаштування.	Канал збуту нульового рівня	Власний або через авторизовані компанії дилери у регіонах.

Було розроблено концепцію маркетингових комунікацій між споживачами та виробниками. В нашому випадку це робота напряду з клієнтами або через авторизованих посередників .

Таблиця 4.22 — Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціювання	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
	Пошук можливосте й для оптимізації виробництва	Виставки, Інтернет, Спеціалізова на література	Спеціалізовані виставки та література	Запропонуват и клієнту скоротити витрати і підвищити ефективність виробництва	Автоматиз ація тех- процесу на основі штучного інтелекту.

Результатом даного підpunkту є ринкова програма яка включає концепцію збуту, просування, аналіз ціноутворення, вона залежить від цінностей та потреб потенційних клієнтів, переваги ідеї, стан ринку на якому буде впроваджено проект на даний момент та його динаміку, та відповідну обрану альтернативу поведінки на ринку.

4.6 Висновки до розділу

Проведений аналіз стартап проекту дозволяє стверджувати, що на даний момент запуск подібного проекту може бути комерційно успішним в умовах постійного зростання операційних витрат металургійних підприємств. За умови швидкого виходу продукту на ринок, конкуренти не зможуть суттєво впливати на ринок через специфіку галузі, яка потребує неперервного виробничого процесу і не передбачає заміни обладнання без надзвичайно вагомих причин.

Для швидшого захоплення ринку та зменшення недовіри консервативних клієнтів до нової технології пропонується:

- Встановлювати тестові пристрої безкоштовно
- Провести рекламну кампанію з акцентом на економію ресурсів для клієнта при застосування цього пристрою
- Надавати аналітичні послуги клієнту на основі зібраних даних про конкретний агрегат безкоштовно.

Ріст попиту на продукти металургії на світовому ринку у найближчі роки значно вплине на галузь. Очікується значний ріст виробництва сировини , а також готової продукції, але разом з тим необхідно забезпечувати виконання нових технологічних вимог то продукції що неможливо без нових засобів контролю виробництва. Отже можна зробити висновок, що даний проект має хорошу можливість закріпитися на ринку.

Альтернативою для проекту може бути зміна профільної галузі, що можливо зробити з незначними технічними доопрацюваннями.

ВИСНОВКИ

В даній магістерській дисертації розглянуто сучасні методи та засоби вимірювання температури нагрітих металів. Проаналізовано їх ефективність та перспективи застосування і розвитку у майбутньому. У результаті аналізу визначено, що сучасні методи не завжди можуть забезпечити потреби новітнього технологічного виробництва зокрема ними практично не можливо формувати зображення поля розподілу температури у двовимірній площині, тому у даній роботі проведено дослідження застосування пристрою для вимірювання температури нагрітих металів на основі матриці чутливих елементів.

Було виконано аналітичне дослідження вузлів телевізійно інформаційно-вимірювальної системи на базі пзз-матриці та розроблено математичну модель формування пірометричного сигналу в залежності від температури об'єкта дослідження.

Для виконання досліджень було розроблено експериментальний стенд основою якого стали зразкова температурна лампа СИ-10-300 та камера на основі ПЗЗ-матриці.

Проведено експеримент з визначення пірометричного сигналу в залежності температури вольфрамової нитки розжарювання лампи СИ-10-300 та експеримент з визначення ефективної довжини хвилі, за допомогою вимірювання пірометричного сигналу на 2 різних довжинах хвилі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

Порєв В.А.–Телевізійні інформаційно-вимірювальні системи.— К.: 2015
— 218 с.

1. Сравнение термпопар [Електронний ресурс]. Дата оновлення 23.02.2018
URL:<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0>
Крамарухин Ю.Е–Приборы для измерения температур.–
М.:Машиностроение 1990ю –208 с.
2. ПЗЗ матриця [Електронний ресурс] Дата оновлення 23.02.2018 URL:
https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BB%D0%B0%D0%B4_%D1%96%D0%B7_%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BC_%D0%B7%D0%B2%27%D1%8F%D0%B7%D0%BA%D0%BE%D0%BC].
3. Зуев В. Е., Прозрачность атмосферы для видимых и инфракрасных лучей, М., 1966
4. Неуймін О.С., Дяченко С.М – ПЗЗ матриці. Вісник Національного технічного університету України "КПІ" Серія – Радіотехніка. Радіоапаратобудування.-2010.-№41
5. Video pyrometer with adjustable focus for high-temperature measurement of metals [Електронний ресурс] Дата оновлення 26.02.2018 URL:
<https://www.optris.com/video-pyrometer-ct-video-1m-2m>

- 6.
7. Rugged Thermovision Camera for Industrial Applications [Електронний ресурс] Дата оновлення 01.03.2018 URL:Sensortherm-Datasheet_MetisVision_MV05_MV09
8. Гайдукевич Ю.Ч. Тепловизионная пирометрическая система / Ю.Ч.Гайдукевич, Н.И.Домарёнок, А.П.Достанко и др. // Электронная промышленность. – 1987. – № 3. – С. 59-62.
9. Порєв В.А.- Телевізійні інформаційно-вимірювальні системи.— К.: 2015 —23 с.
10. ГОСТ 9411-91 Стекло оптическое цветное. Технические условия — М.1996 г.
- 11.ГОСТ 8.155-75 Государственная система обеспечения единства измерений.Лампы температурные образцовые 2-го разряда. Методы исредства поверки — М.1979 г.
- 12.Маркін М.О. Еквівалентна довжина хвилі біспектрального телевізійного пірометра / М.О.Маркін // ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи : VII наук.-техн. конф., 22 – 23 квітня 2008 р. – К., 2008. – С. 163.
- 13.SciPy[Електронний ресурс].Дата оновлення 03.04.2018 URL:<https://www.scipy.org/>
- 14.Маркін М.О. Дослідження похибок мультиспектрального телевізійного пірометра / М.О.Маркін // ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи : VII наук.-техн. конф., 22 – 23 квітня 2008 р. – К., 2008. – С. 162

15. Кузнецов А.В. Оценка диапазона измерений телевизионного монохроматического пирометра / А.В.Кузнецов // Оптический журнал. – 2008. – Т. 75, №1. – С. 39-42
16. Вахромеева О.С. Характеристики чувствительности телевизионных камер на матричных приборах с зарядовой связью / О.С. Вахромеева, А.А. Манцветов, К.А. Шиманская. – М.: ВИНТИ, 2000. – 83 с.
17. ДСТУ ISO 7944:2006 «Оптика та оптичні прилади. Еталонні довжини хвиль.» ISO/CIE 10526:2007.
18. Цыба Г.А. Видеопирометр / Г.А.Цыба, В.Г.Саламатов, В.Л.Поляков // Приборы и техника эксперимента. – 2003. – №4. – С. 145-149.
19. Профессиональные решения для систем безопасности – Системы видеонаблюдения. Контроль доступа [Электронный ресурс] : ААТ Holding sp. / NOVUS®. – Режим доступа : <http://www.novuscctv.com/>
20. Порев В.А. Система дистанционного контроля температурных полей с распределёнными параметрами / В.А.Порев, В.И.Лагодный // Теория и техника передачи, приёма и обработки информации: тезисы докладов 2-й международной конференции. – Туапсе, 1996. – С. 141.
21. Свет Д.Я. Оптические методы измерения истинных температур / Д.Я.Свет – М. : Наука, 1982. – 296 с.
22. Гордов А.Н. Основы пирометрии / А.Н.Гордов – М.: Металлургия, 1971. – 448 с.
23. Рыфтин Я.А. Телевизионная система. Теория / Я.А.Рыфтин. – М.: Сов. радио, 1967. – 271 с.

24.Рідинні термометри – [Електронний ресурс] . – Режим доступу :
<http://elib.lutsk-ntu.com.ua/book/mbf/mlp/2011/11-53/page22.html>